Telegram Channel: @UniLesson

Subject: الکترونیک ۱

Year:.......... Month:.......... Day:.......... ( )

مواد ها از لحاظ الکتریکی:
- رسانا ← دارای حامل های آزادند
- نارسانا ← حامل آزاد ندارند
- نیمه هادی ← تعداد کمی حامل آزاد دارند

* جریان توسط حامل های آزاد ایجاد می شوند.

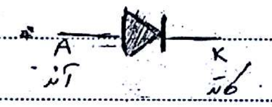
* گروه چهارم جدول تناوبی ← سیلیسیم $Si$ ، ژرمانیم $Ge$ نیمه هادی اند

* doping ← نیمه هادی با روش افزودن ناخالصی تعداد حامل های آزاد افزایش می دهند.

رشد $Si$ ← سیلیکون

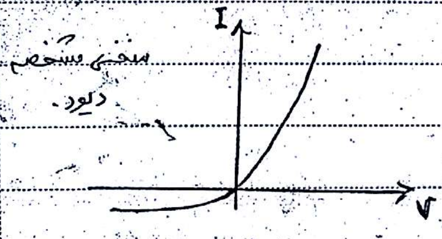
سیلیکونی ← دارای حامل های افزوده شده است.

دیود ← یکسوساز.

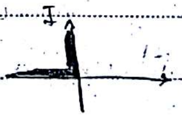



جریان داریم — On : $V_A > V_K$

جریان نداریم — Off : $V_A < V_K$

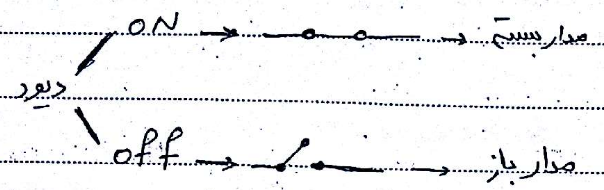



دیود:
- واقعی ← بررسی نمودار مشخصه
- ایده آل ← تقریب زدن نمودار مشخصه



Telegram Channel: @UniLesson

Subject:
Year: Month: Day: ( )




ON ← برای اثبات روشن بودن دیود می بایست اثبات کنید : $I_D > 0$

off ← برای اثبات خاموش بودن دیود باید ثابت کنید : $V_A - V_K < 0$

نکته : در مدارهای الکترونیکی معمولاً کلیه مقاومت ها برحسب $K\Omega$ و لذا کلیه جریان ها برحسب mA است.

روش حل مدارات دیودی :

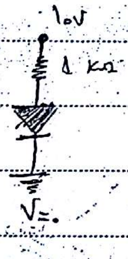
۱- فرض می کنیم دیود خاموش یا روشن است.

۲- مدار معادل آن را می کشیم

۳- فرض را اثبات می کنیم

۴- خروجی های مورد خواست شده را می یابیم

مثال ①- $I = ?$




(1 فرض D=ON

(2

(3 $I_D = \frac{10}{1_R} = 10\ mA$ ⟶ $I_D > 0$ فرض درسته دیود روشنه

(4 $I = I_D = 10\ mA$

Subject: ............ Year: ...... Month: ...... Day: ...... ( )

Telegram Channel: @UniLesson

نکته مثال ① ← اگر دیود را خاموش فرض می‌کنیم:

1) D = off  3) $V_A - V_K < 0$

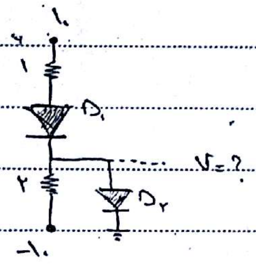
2)

$10 - 0 < 0$ ✗ پس غلطه — دیود روشنه

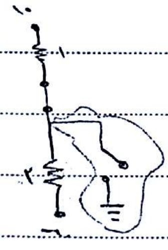
اما باید حالت روشن را هم چک کنیم تا I خواسته شده سوال را یافت.

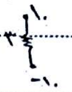
نکته ← ۰.۷ یعنی منبع ولتاژی که سر + آن به سمت مدار است.

مثال ②:




1) $D_1$ = on
$D_2$ = off

2) 

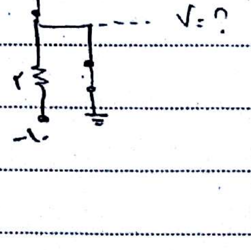

3) برای $D_1$:  $I_D = \frac{10-(-10)}{3} = \frac{20}{3} > 0$ پس $D_1$ روشنه

3) برای $D_2$: $D_2 = V_A - V_K < 0$  $\frac{10 - V_A}{1} = I_{D_1} = 20/3$  $V_A = 10 - \frac{20}{3} = \frac{10}{3}$

$\Rightarrow \frac{10}{3} - 0 < 0$ ✗

پس $D_2$ روشنه

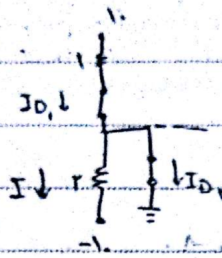
۲) شکل درست




4) V = 0

Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ............ Year: ...... Month: ...... Day: ...... ( )



نکته مثال ②، اگر جهتش را ON می‌گیریم:

نکته: جریان اتصال کوتاه را مستقیم نمی‌توان یافت باید KCl بنویسیم.

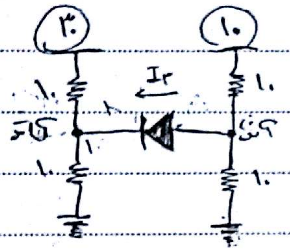
KCL: $I_{D_1} = \frac{10-0}{1} = 10$ $\qquad I_{D_1} = I + I_{D_2}$

$I = \frac{0-(-10)}{2} = 5$ $\qquad 10 = 5 + I_{D_2}$

$I_{D_2} = 5 > 0$ پس $D_2$ روشنه

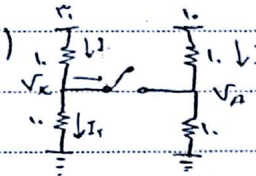
---

تمرین:



۱) فرض $D_2: ON$

۲)



تقسیم ولتاژ:

$V_A < V_K$ فرض = off

$V_A - V_K < 0$ $\qquad V_1 = \frac{R_1}{R_1+R_2} \times V \rightarrow V_K = \frac{10}{10+10} \times 30 = 15$

$V_A = \frac{10}{10+10} \times 10 = 5$

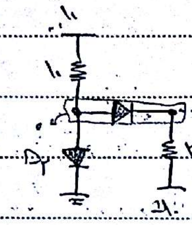
$5 - 15 < 0$ ✓

پس off است

Telegram Channel: @UniLesson

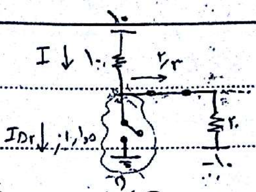
Subject:.................... Year:......... Month:.......... Day:..........( )

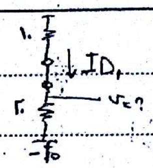
تمرین :



فرض: $D_1 = ON$

$D_2 = off$





$I_{D_1} = \frac{10-(-10)}{30} = \frac{20}{30} = 2/3 > 0$ روشن $D_1$

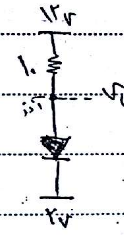
$D_2 \to V_A - V_K < 0$ $\qquad \frac{V_A-(-10)}{20} = \frac{2}{3} \to 3(V_A+10) = 40$

$10/3 - 0 < 0$ ✗ $\qquad 3V_A + 30 = 40 \Rightarrow 3V_A = 10 \quad V_A = 10/3$

پس $D_2$ روشنه

$V = 0$

تمرین :

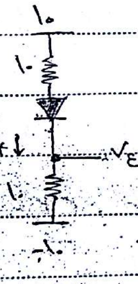


فرض: $D = ON$

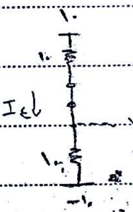
$I_D = \frac{12-2}{10} = \frac{10}{10} = 1\,mA > 0$ روشنه

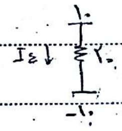
$\frac{12 - V_A}{10} = 1$ $\qquad V = 2$

تمرین :



فرض: $D = ON$



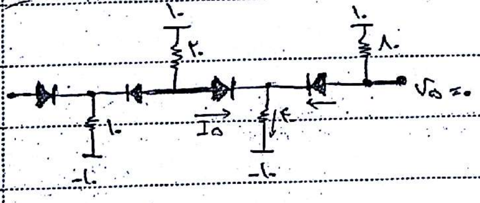


$I_E = \frac{10-(-10)}{20} = 1\,mA > 0$

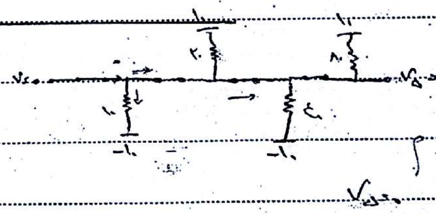
پس $D$ روشنه

$\frac{V_E-(-10)}{10} = 1 \to V_E + 10 = 10$

$V_E = 0$

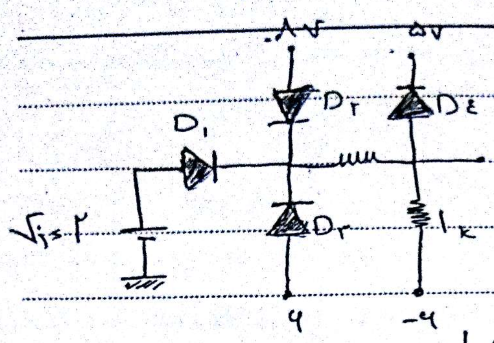


فرض: $D = ON$



$\frac{0-(-10)}{4} = 1/4 \qquad \frac{10-0}{8} = \frac{1}{8} \qquad \frac{1}{8} + I_D = 1/4$

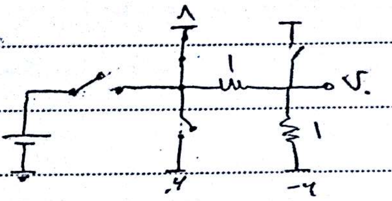
$I_D = \frac{1}{4} - \frac{1}{8} = \frac{1}{8}$

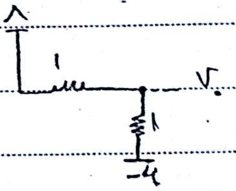



* نکته: هرگاه چند دیود داشته باشیم، سر کاتد آنها هم وصل باشد و سر آند آنها به ولتاژهای متفاوت وصل باشد فقط یکی از دیودها روشن است و آن دیودی است که سطح ولتاژ آند بیشتری دارد.

طبق نکته

۱) فرض: $D_1 = off$ $\quad D_2 = ON$ $\quad D_3 = off$ / $D_4 = off$



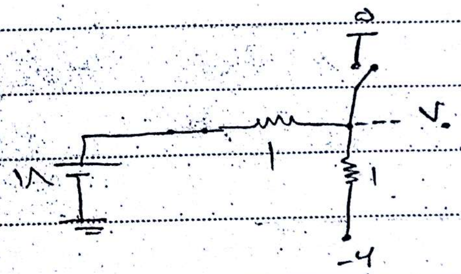




$\frac{V+6}{1} = I \quad I = \frac{8-V}{1} \quad V+6 = 8-V$

$2V = 2 \quad V_o = 1$

$D_4 = V_A - V_K < 0$

$1 - 5 < 0$ ✓




تمرین: مسئله را برای $V_i = 18$ حل کنید.

فرض = $D_1 = ON$ $\quad D_2, D_3 = off$ $\quad D_4 = off$

$\frac{18 - V_A}{1} = \frac{V_A + 6}{1} \quad 2V_A = 12 \quad V_A = 6$

$V_A = 6 \quad 6 > 5$
$V_K = 5$

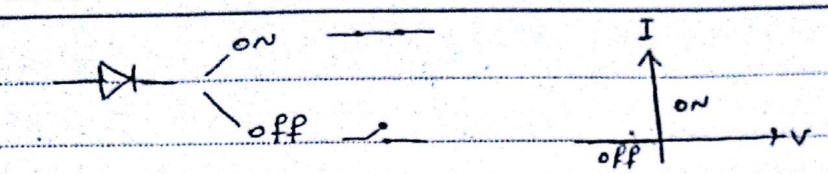
دیود ON

TANDIS

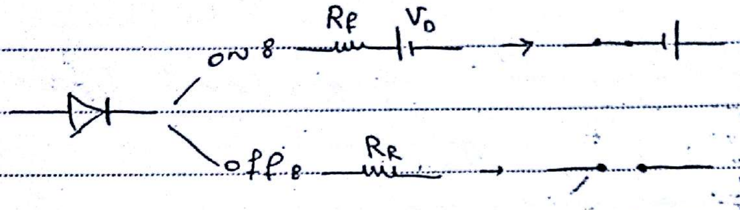
Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ........ Year: ........ Month: ........ Day: ........ ( )

دیود ایده‌آل:




دیود واقعی:

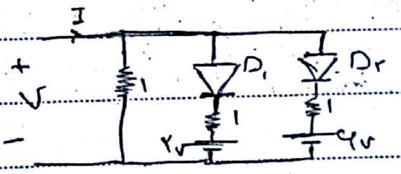



$$\begin{cases} R_f \longrightarrow \infty \\ R_R \longrightarrow 0 \end{cases}$$

ب) دیود: $I_D = I_0 \left( e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - 1 \right)$

- $I_0$ جریان اشباع معکوس ⟵ (مقدار خیلی کم)
- $V_T = \frac{KT}{q} = 26\ mV$ ($T = 300\ K$ دمای اتاق)
- $\eta$ ضریب ایده‌آل ⟵ بین ۱ و ۲ (۱)

* مثال ۱: مشخصه $I-V$ مدار فوق را رسم کنید.




روش حل سؤالات به دست آوردن منحنی مشخصه:

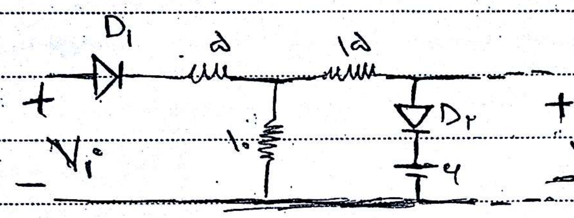
۱- ورودی را از $-\infty$ تا $+\infty$ تغییر می‌دهیم و on یا off بودن دیودها را در بازه‌های متوالی می‌یابیم.

الف) مدار معادل را رسم کنید.

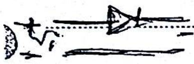
۲- ب) خروجی را برحسب ورودی به دست می‌آوریم. ج) با توجه به on یا off بودن دیودها در بازه‌ها

برحسب ورودی بدست می‌آوریم. (لازم به ذکر است به در گام اول شرایط روشن یا خاموش بودن هم دیودها باید چک شود ولی در گام های بعدی می‌توان فقط شرایط روشن و خاموش بودن دیودهایی را بررسی کرد که نسبت به گام اول تغییر نکرده‌اند)

مثال ② : مشخصه $V_o - V_I$ مدار را رسم کنید.

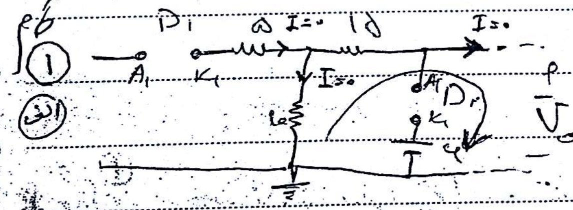



نکته: دیودی مستقیماً به $V_i$ وصل است با بیشترین ولتاژ + روشن می‌شود.



(حل مثال ②) گام ① فرض: $D_1 = off$، $D_2 = off$ (در حالت $-\infty$) — یکبار تغییر → گام ②: $D_1 = ON$، $D_2 = off$ (در حالت ولتاژ یکی کمتر از منبع ولتاژ [illegible] مثلاً ۵) — یکبار تغییر → گام ③: $D_1 = ON$، $D_2 = ON$ (در حالت $+\infty$)

گام ①




الف) (برای $V_o$ چون جریان در مدار نیست جوابش صفر)

ب) KVL①: $+10\times0 + 15\times0 + V_o = 0 \longrightarrow V_o = 0\ V$

* جایی که مدار باز یا منبع جریان وجود دارد نمی‌توان KVL زد!

نکته: در چارچوب DC هر دیود فقط یکبار تغییر حالت می‌دهد در نتیجه دیودی که ON بوده off می‌شود و خاموش می‌ماند و برعکس.

Telegram Channel: @UniLesson

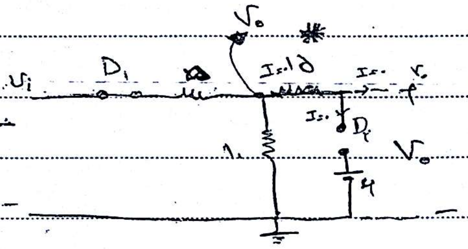
(ج) $D_1 = off \Rightarrow V_{A_1} - V_{K_1} < 0 \rightarrow V_i - 0 < 0 \Rightarrow V_i < 0$ *

$D_2 = off \Rightarrow V_{A_2} - V_{K_2} < 0 \rightarrow 0 - 6 < 0$ ✓ **

*∩** $\rightarrow V_i < 0$

* مقاومت ۵ جریانش صفره ولتاژ نداره

۲- گام ۲ (الف)



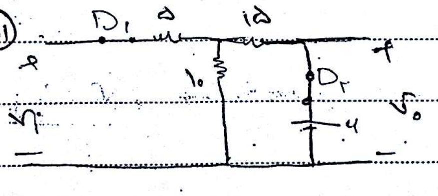

(ب) KCL: $\frac{V_0 - V_i}{5} + \frac{V_0 - 0}{10} = 0 \rightarrow 3V_0 - 2V_i = 0 \rightarrow V_0 = \frac{2}{3} V_i$

(ج) $D_1$ نسبت به گام ① تغییر نکرده پس لازم به بررسی نیست.

$D_2 = off$: $V_{A_2} - V_{K_2} < 0 \rightarrow V_0 - 6 < 0 \rightarrow \frac{2}{3} V_i - 6 < 0 \rightarrow 2V_i - 18 < 0$

$V_i < 9$

گام ۳ (الف)

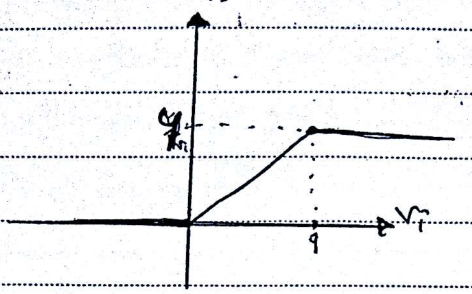



(ب) $-9 + V_0 = 0 \rightarrow V_0 = 9V$

(ج) $D_1, D_2$ نسبت به گام اول تغییر نکرده اند پس بررسی نمی‌خواد $V_0 = 9V$

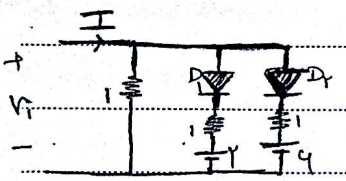
Telegram Channel: @UniLesson





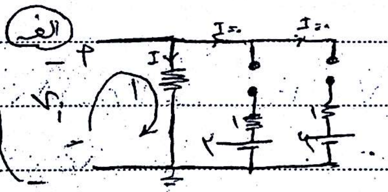

$$\begin{cases} V_o = 0 & V_i < 0 \\ V_o = \frac{2}{3} V_i & 0 < V_i < 9 \\ V_o = 6 & V_i > 9 \end{cases}$$

ج) شکل ① منحنی V-I را رسم کنید.




فرض ① $\begin{cases} D_1 = off \\ D_2 = off \end{cases}$ حالت ② $\begin{cases} D_1 = ON \\ D_2 = off \end{cases}$ حالت ③ $\begin{cases} D_1 = ON \\ D_2 = ON \end{cases}$

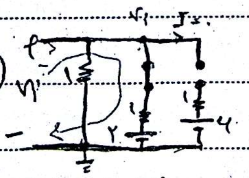
حالت ① الف)




ب) KVL: $-V_i + I = 0 \rightarrow V_i = I$

ج)
$* D_1 = off \rightarrow V_{A_1} - V_{K_1} < 0 \rightarrow V_i - 2 < 0$
$V_i < 2$
$** D_2 = off \rightarrow V_{A_2} - V_{K_2} < 0 \rightarrow V_i - 4 < 0$
$V_i < 4$
$\rightarrow * \cap ** \rightarrow V_i < 2$

حالت ② الف)




ب) KCL: $\frac{V_i - 2}{1} + \frac{V_i - 0}{1} = I$

$V_i - 2 + V_i = I$

$2V_i - 2 = I$

تغییر حالت (ج) $D_2 =$

$D_2 = off \rightarrow V_{A_2} - V_{K_2} < 0$

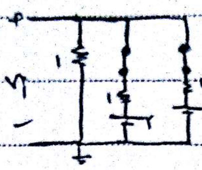
$V_i - 4 < 0$

$V_i < 4$

TANDIS

Telegram Channel: @UniLesson

۳) الف) گام



ب) $\frac{V_i-۶}{۱}+\frac{V_i-۲}{۱}+\frac{V_i-۰}{۱}=I$ → KCL

$= ۳V_i - ۸ = I$

ج) $V_i > ۶$

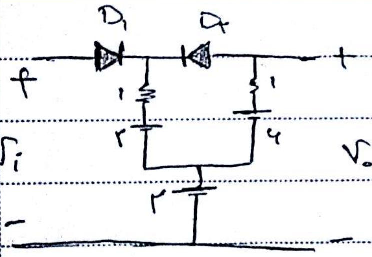
نهایی:

$I = V_i \quad V_i < ۲$

$I = ۲V_i - ۲ \quad ۲ < V_i < ۶$

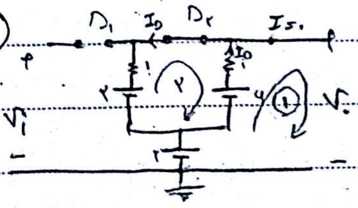
$I = ۳V_i - ۸ \quad V_i > ۶$

مثال ۳) منحنی $V_o$ برحسب $V_i$



فرض: ۱) گام $D_1 = off$, $D_2 = ON$ — ۲) گام $D_1 = ON$, $D_2 = ON$ — ۳) گام $D_1 = ON$, $D_2 = off$

۱) گام الف)



$KVL①: -۲ - ۶ + I_D + V_o = ۰$

ب) $V_o = ۸ - I_D$ → $V_o = ۶\,v$

$KVL②: -۶ + I_D + I_D + ۲ = ۰$

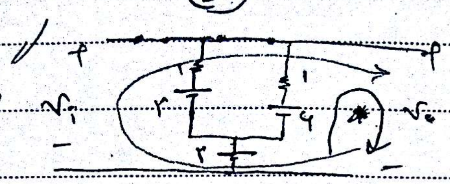
$۲I_D = ۴ \quad I_D = ۲\,mA$

ج) $D_1 = off \rightarrow V_{A_1} - V_{K_1} < ۰ \rightarrow V_i - ۶ < ۰ \quad V_i < ۶$

$D_2 = ON \rightarrow I_{D_2} > ۰ \rightarrow ۲ > ۰$ } → $V_i < ۶$

(الف)

(۲) ط م



(ب) KVL ⇒ $-V_i + V_o = 0 \quad V_i = V_o$

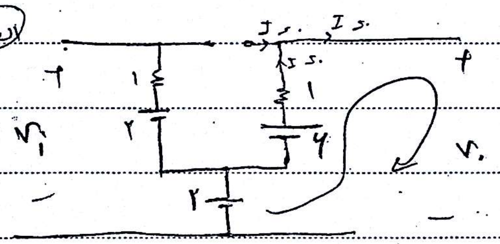
(ج) $I_D > 0 \xrightarrow{*}$ KVL* $-۲ - ۴ + I_{D۲} + V_o = 0$

$I_{D۲} = ۸ - V_o$

$\Rightarrow ۸ - V_o > 0 \xrightarrow{V_i = V_o} ۸ - V_i > 0 \Rightarrow \boxed{۸ > V_i}$

(ص) ط م

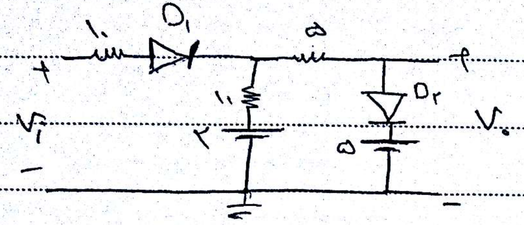
(الف)



(ب) KVL: $-۲ - ۴ + ۱ \times 0 + V_o = 0$

$V_o = ۸$

حل:

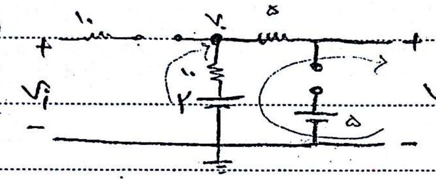



حالت ۱ $\begin{cases} D_1 = off \\ D_2 = off \end{cases}$ ✓

حالت ۲ $\begin{cases} D_1 = ON \\ D_2 = off \end{cases}$ ✓

حالت ۳ $\begin{cases} D_1 = ON \\ D_2 = ON \end{cases}$ ✓

حالت ۱ ✓ (الف)



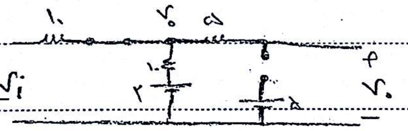

(ب) $\frac{V_o - 2}{10} = 0 \Rightarrow V_o - 2 = 0$ $\boxed{V_o = 2}$

(ج) $D_1 = off \to V_A - V_K < 0$ $\boxed{V_i < 2}$

$D_2 = off \to V_A - V_K < 0$

$2 - 5 < 0$ ✓

حالت ۲ ✓ (الف)

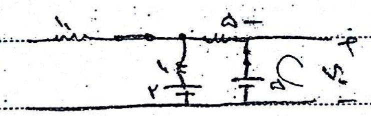



KCL: $\frac{V_o - 2}{10} + \frac{V_o - V_i}{10} + \frac{V_o - V_i}{5} = 0 \Rightarrow V_o - 2 + V_o - V_i = 0$, $2V_o = 2 + V_i \Rightarrow \boxed{V_o = 1 + \frac{V_i}{2}}$

(ج) $D_2$: $V_A - V_K < 0 \Rightarrow V_o - 5 < 0 \Rightarrow 1 + \frac{V_i}{2} - 5 < 0$

$\frac{V_i}{2} < 4 \Rightarrow \boxed{V_i < 8}$

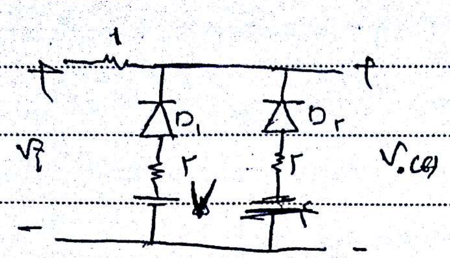
حالت ۳ ✓ (الف)




KVL: $-5 + V_o = 0$ $V_o = 5$

$$\begin{cases} V_o = 2 & V_i < 2 \\ V_o = 1 + \frac{V_i}{2} & 2 < V_i < 8 \\ V_o = 5 & V_i \geq 8 \end{cases}$$

حل:

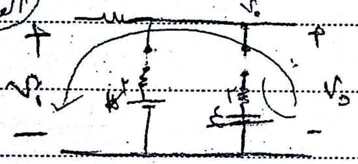



① حالت: $D_1$: ON, $D_2$: ON

② حالت: $D_1$ = ON, $D_2$ = off

③ حالت: $D_1$ = off, $D_2$ = off

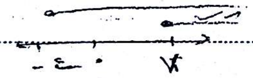
① حالت (الف)




$-V_o - 1\times 0 + V_i = 0 \to \boxed{V_o = V_i}$

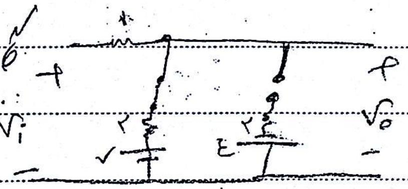
ج: $D_1 = off \to V_A - V_K < 0 \to V - V_i < 0$, $V_i > V$

$D_2 = off \to V_A - V_K < 0 \to -E - V_i < 0$, $V_i > -E$



$V_i > V$

② حالت




KCL $\to \frac{V_o - V}{2} + \frac{V_o - V_i}{1} = 0 \to V_o - V + 2V_o - 2V_i = 0 \to 3V_o - 2V_i = V$

$3V_o = V + 2V_i$

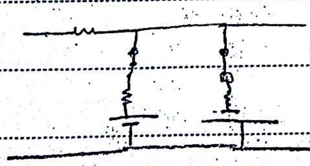
$\boxed{V_o = \frac{V}{3} + \frac{2}{3}V_i}$

ج: $D_2 = off \to V_A - V_K < 0$

$-E - V_o < 0 \Rightarrow -\frac{E}{1} - \frac{V}{3} - \frac{2}{3}V_i < 0$

$\frac{2}{3}V_i > -\frac{19}{3} \to V_i > -\frac{19}{3}\times\frac{3}{2} \to V_i > -\frac{19}{2}$

③ حالت



KCL $\to \frac{V_o - V}{2} + \frac{V_o + E}{2} + \frac{V_o - V_i}{1} = 0$

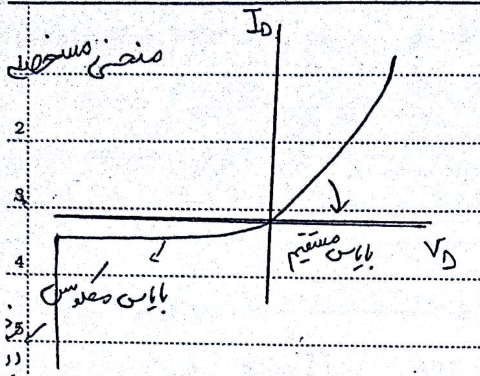
$\boxed{V_o = \frac{1}{2}V_i + \frac{3}{4}}$

$V_i > V$

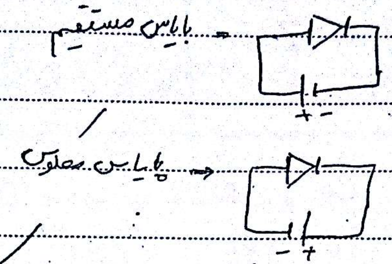
$-\frac{19}{2} < V_i < V$

$V_i < -\frac{19}{2}$

Telegram Channel: @UniLesson




دیود زنر:

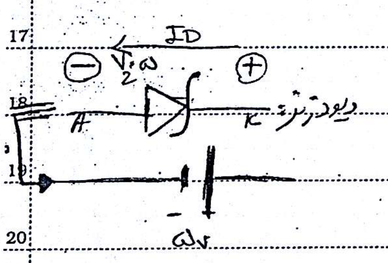


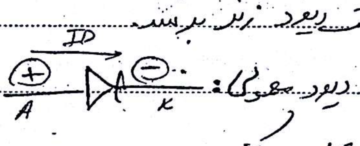

* اگر ولتاژ منفی زیادی در حالت معکوس داده شود دیود می‌سوزد (نقطه شکست) ← سوختن دیود معمولی شکست دیود می‌تواند حاصل از شکست بهمنی یا زنری باشد.

* دیودهایی که در منطقه شکست از آنها استفاده می‌شود در الکترونیک به نام دیودهای زنر شناخته می‌شوند و یکی از کاربردهای آنها در جهت تثبیت ولتاژ ثابت (منبع ولتاژ) می‌باشد.

* چون دیود زنر به صورت معکوس بایاس می‌شود کاتد آن به قطب + منبع ولتاژ و آند آن به قطب − وصل می‌شود. در این صورت جهت جریان از کاتد به آند خواهد بود. قابل توجه است که مشخصه دیود زنر در حالت بایاس مستقیم مشابه دیودهای معمولی است.

نکته: دیود زنر معمولاً به صورت معکوس بایاس می‌شود. از این رو دیود زنر خاموش می‌ماند تا زمانی‌که ولتاژ منبع ولتاژ به ولتاژ شکست دیود زنر برسد.




از اینجا به بعد دیود زنر مانند یک منبع ولتاژ عمل می‌کند.

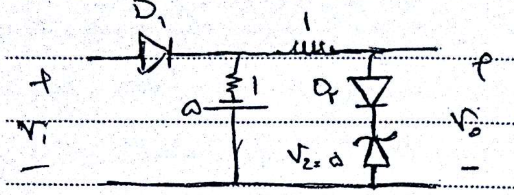
TANDIS

Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ....................

Year: .......... Month: .......... Day: .......... ( )

مثال: منحنی انتقالی ($v_0 - v_i$) را رسم کنید!

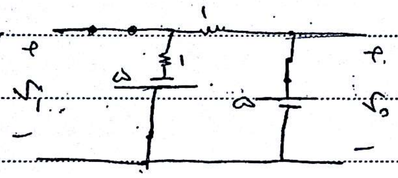



$D_z$: زمانی خاموش می‌ماند که ولتاژش به ۵ برسد.

حل → حالت ① $\begin{cases} D_1 = off \\ D_2 = off \\ D_z = off \end{cases}$ حالت ② $\begin{cases} D_1 = ON \\ D_2 = ON \\ D_z = off \end{cases}$ حالت ③ $\begin{cases} D_1 = ON \\ D_2 = ON \\ D_z = ON \end{cases}$ ناحیه شکست

③

شکل حالت ③ →



Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ............ Year: ...... Month: ...... Day: ...... ( )

## تجزیه و تحلیل سیگنال کوچک:

منظور از سیگنال کوچک، یک ولتاژ/جریان متناوب است که دامنه تغییرات آن در مقایسه با اندازه ولتاژ یا جریان DC که با آن همراه می‌شود کوچک است.

## تحلیل مدارهای شامل سیگنال کوچک:

۱- تحلیل DC: الف) خازن‌ها ← مدار باز

ب) منابع AC ← ۰

ج) دیودها ← مثل گذشته (با توجه به on و off بودن اتصال کوتاه یا مدار باز)

هدف ← ۱- جریان $I_D$ و ۲- dc $V_o$ (ولتاژ DC)

۲- تحلیل AC: الف) خازن‌ها ← اتصال کوتاه

ب) منابع DC ← ۰

ج) دیودها ← مقاومت دینامیکی با مقدار $r_d$

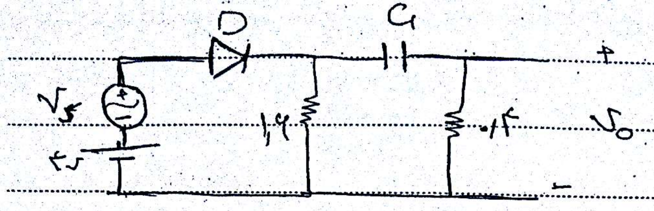
$V_T = 0/026$ ؛ ۲۵-۲۶ mV

$\eta = 1-2$

$$r_d = \frac{\eta V_T}{I_D}$$

$V_o = V_{o\,dc} + V_{o\,ac}$

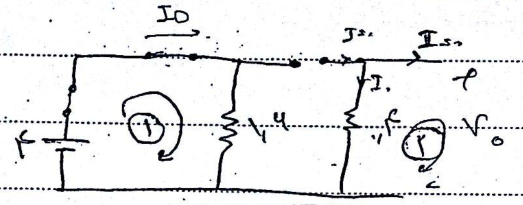
TANDIS




$V_s = 10\,mV \sin\omega t$

$V_o = ?$

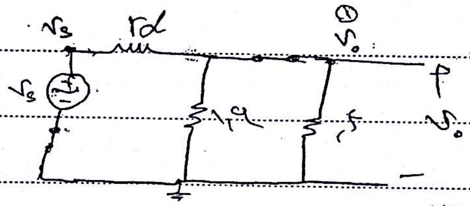
① تحلیل DC ⟹ حل




KVL①: $-4 + 1.6\, I_D = 0$ → $I_D = \frac{4}{1.6} = 2.5$

KVL②: $0.4 \times 0 + V_{o\,dc} = 0$ → $V_{o\,dc} = 0$

② تحلیل AC




$r_d = \frac{nV_T}{I_D} = \frac{1 \times 25}{2.5} = 10 = 0.01\ K\Omega$

* rd همیشه برحسب اهم بدست می‌آید و باید تبدیل به KΩ شود.

KCL①: $\frac{V_o - 0}{0.4} + \frac{V_o - 0}{1.6} + \frac{V_o - V_s}{0.01} = 0$ ($V_s = 10\,mV \sin\omega t$)

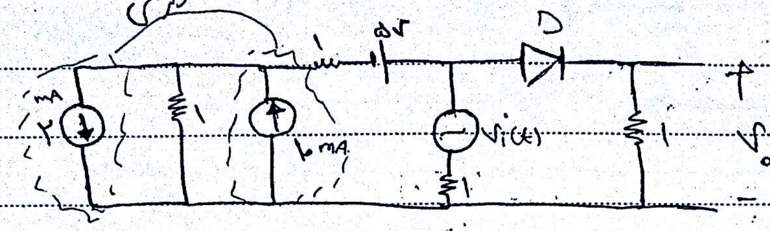
$V_{o,ac} = 9.8 \sin\omega t$

$V_o = V_{o,dc} + V_{o,ac} = 0 + 9.8 \sin\omega t = 9.8 \sin\omega t$

Subject: ..........ن..........
Year: .......... Month: ..۱۹.. Day: .......... ( )

Telegram Channel: @UniLesson

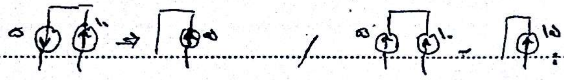
**مثال:**



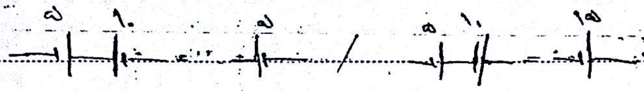
در امتحان می‌خواد از تئوری استفاده کنید!

$V_1 = 10\sin\omega t$ ، $\eta = 1$ ، $V_T = 25\,mV$ ، $I_S = 10\,mA$ ، $I_D = I_S\left(e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - 1\right)$

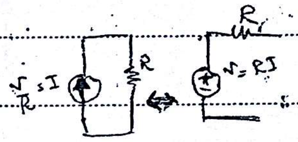
① منابع جریان موازی با هم جمع می‌شوند:



② منابع ولتاژ سری با هم جمع می‌شوند:

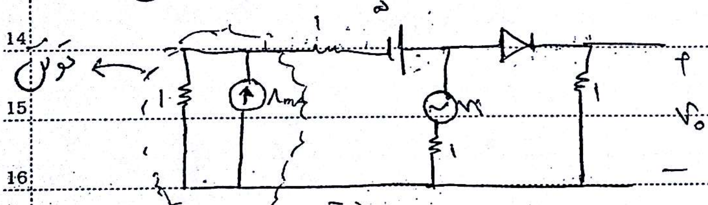


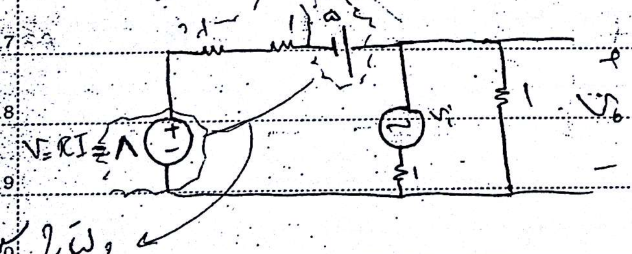
③ قانون تونن ـ نورتن:

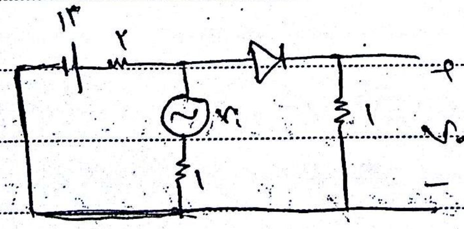


حل ←

ابتدا مدار را ساده کنید







شکل نهایی ←

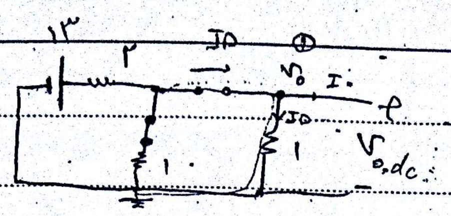
ادامه حل ←

TANDIS

Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ............ Year: ........ Month: ........ Day: ........ ( )

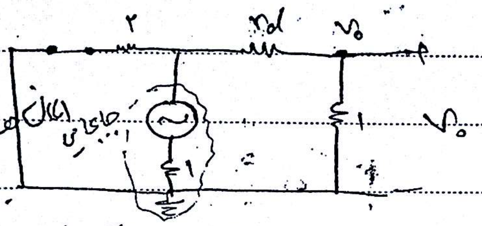
## تحلیل DC ①

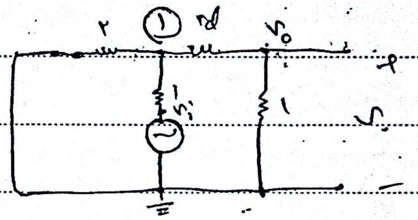


$$KCl:\ \frac{V_o - 0}{1} + \frac{V_o - 0}{1} + \frac{V_o - 13}{2} = 0 \Rightarrow V_o = \frac{13}{5}$$

$$I_D = \frac{V_{o\,dc} - 0}{1} = \frac{13}{5}$$

## تحلیل AC ②





$$r_d = \frac{\eta V_T}{I_D} = \frac{1 \times 25}{13/5} = \frac{125}{13} = 9.6\ \Omega = 0.0096\ k\Omega$$

$$KCl:\ \frac{V_1 - 0}{2} + \frac{V_1 - V_s}{1} + \frac{V_1 - V_o}{0.0096} = 0$$

$$\Rightarrow V_{o\,ac} = \frac{20}{5} \sin \omega t$$

$$KCl:\ \frac{V_o - 0}{1} + \frac{V_o - V_1}{0.0096} = 0$$

$$V_o = V_{o\,DC} + V_{o\,AC} = \frac{13}{5} + \frac{20}{5} \sin \omega t$$

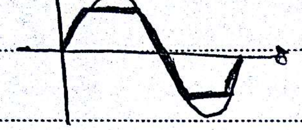
مثال های : ۹۲،۲،۷ - / ۹۳،۱۰،۲۰ / ۹۴،۱۰،۱۹

سوال ۱۲ ، سوال ۱۳ / ~~[illegible]~~ ت ـ میرعشقی

کوئیز جزوه + ۵ تا سوال

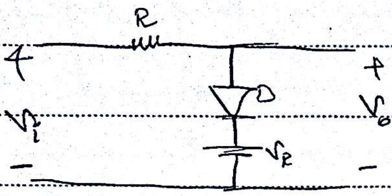
TANDIS

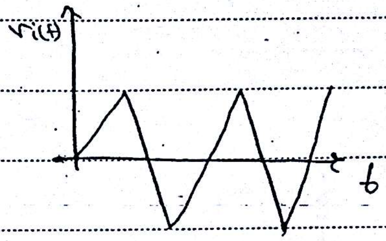
# مدارهای کاربردی با استفاده از دیود :



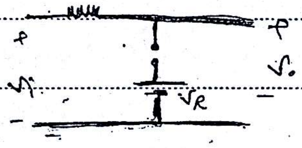
۱) مدارهای برش دهنده clipper :

وظیفه آنها برش دادن بخشی از سیگنال ورودی است.




D = off

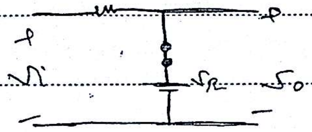


$V_A - V_K < 0$

$V_i - V_R < 0 \rightarrow V_i < V_R$

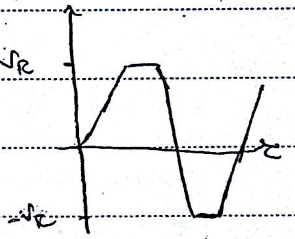
$V_o = V_i$

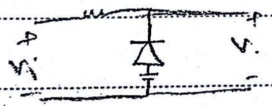
D = ON



$V_o = V_R$

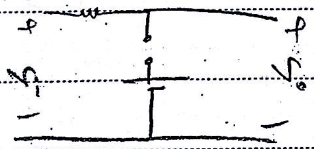
$V_i > V_R$



حالا اگر جهت دیود را عوض کنیم :

D = off

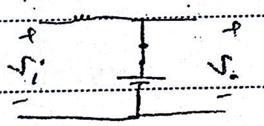


$V_A - V_K < 0$

$V_R - V_i < 0 \rightarrow V_R < V_i$

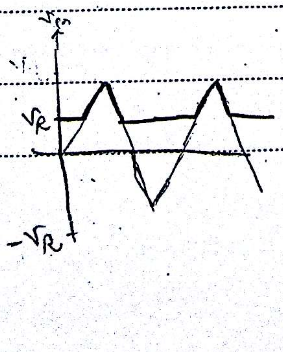
$V_o = V_i$

D = ON



$V_i < V_R$

$V_o = V_R$

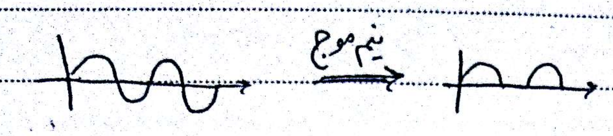


Telegram Channel: @UniLesson

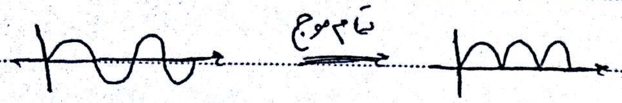
Subject:

Year: Month: Day: ( )

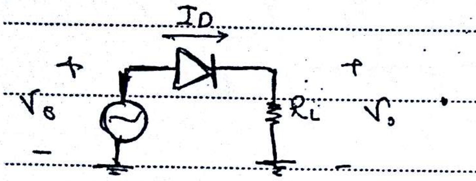
## ۳- یکسوکننده موج

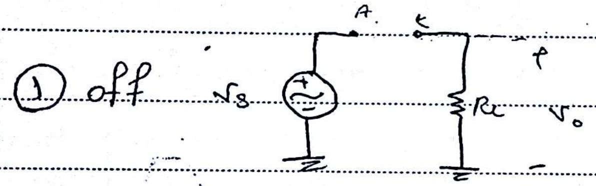



منفی ها حذف




منفی ها + می شود



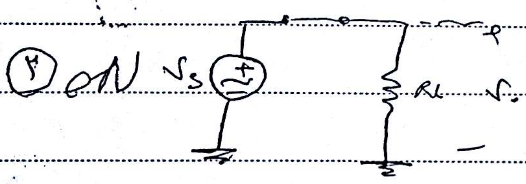

$V_A - V_K < 0$

$V_S - V_o < 0$

$V_S < V_o$

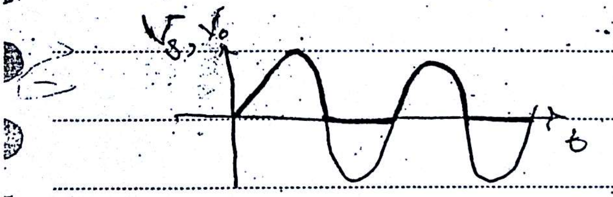
$V_o = R_L \cdot 0$

$V_o = 0$ ← $V_S < 0$

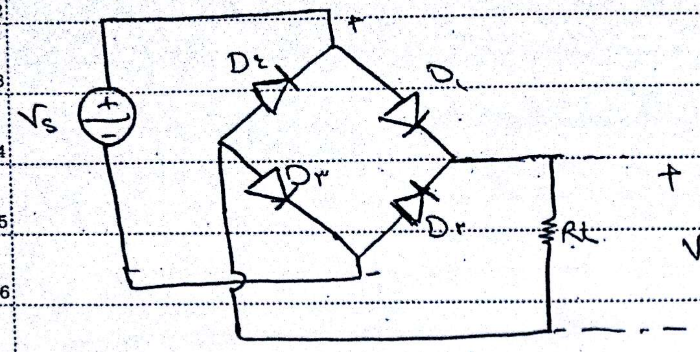



$V_S > V_o$

$V_o = V_S$



## ۳_ یکسو کننده تمام موج (پل دیودی)



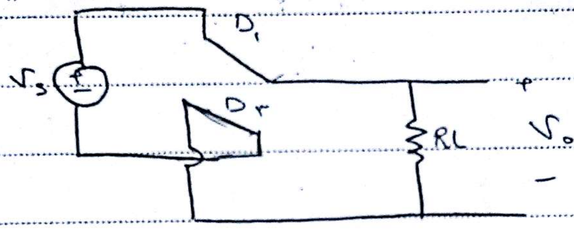

$V_S > 0$

$D_1 = ON$

$D_2 = off$

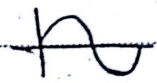
$D_3 = ON$

$D_4 = off$




$V_o = V_S$

$V_S < 0$

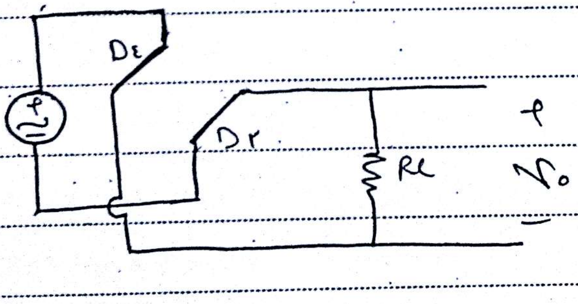


$D_1 = off$

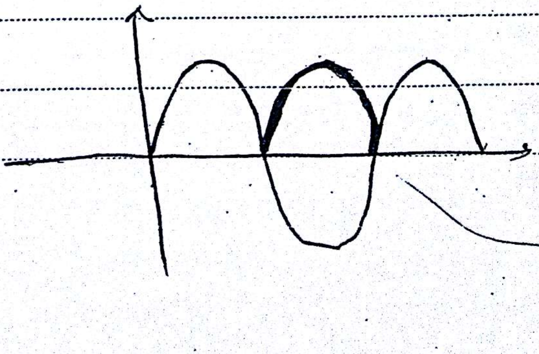
$D_2 = ON$

$D_3 = off$

$D_4 = ON$




$V_o = -V_S$

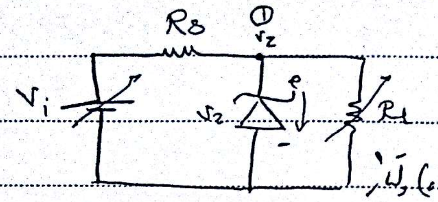


Telegram Channel: @UniLesson

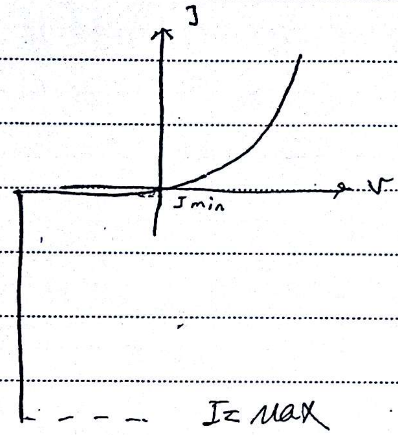
Subject: ....................

Year:.......... Month.......... Day:.......... ( )

## ۶- مدارهای تنظیم کننده یا تثبیت کننده




در مدارهایی که ولتاژ ورودی متغیر داریم و می‌خواهیم ولتاژ ثابتی را به بار متغیر تحویل دهیم از یک Regaltor (تثبیت کننده) ولتاژ استفاده می‌کنیم




$$I_{Z\,min} < I_Z < I_{Z\,max}$$

$$① \; KCL: \frac{V_Z - V_i}{R_S} + \frac{V_Z - 0}{R_L} + I_Z = 0$$

$$\Rightarrow I_Z = \frac{V_i - V_Z}{R_S} - \frac{V_Z}{R_L}$$

$$I_{Z\,max} = \frac{V_{i\,max} - V_Z}{R_S} - \frac{V_Z}{R_{L\,max}}$$

$$I_{Z\,min} = \frac{V_{i\,min} - V_Z}{R_S} - \frac{V_Z}{R_{L\,min}}$$

TANDIS

Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ............ 
Year: ........ Month: ........ Day: ........ ( )

مثال: در رگولاتور شکل بالا از یک دیود زنر ۴٫۸ ولتی $I_{z\,max} = 7$ و $I_{z\,min} = 0.2$ می‌باشد استفاده شده است. با فرض اینکه $9 < V_i \leq 11$ باشد مقاومت بار را بیابید؟

$$I_{z\,max} = \frac{V_{i\,max} - V_z}{R_s} - \frac{V_z}{R_{L\,max}}$$

$$7 = \frac{11 - 4.8}{1} - \frac{4.8}{R_{L\,max}} \Rightarrow 0.8 = \frac{-4.8}{R_{L\,max}} \Rightarrow R_{L\,max} = \frac{-4.8}{0.8}$$

* جواب: مقاومت منفی شد یعنی ∞ است.

$$I_{z\,min} = \frac{V_{i\,min} - V_z}{R_s} - \frac{V_z}{R_{L\,min}}$$

$$0.2 = \frac{9 - 4.8}{1} - \frac{4.8}{R_{L\,min}} \Rightarrow -4 = \frac{-4.8}{R_{L\,min}} \Rightarrow R_{L\,min} = \frac{4.8}{4} = 1.2\,k$$

$$\boxed{1.2 \leq R < \infty}$$

TANDIS

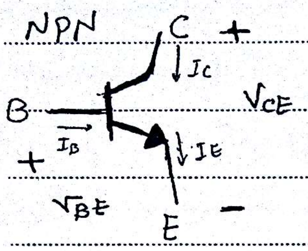
Telegram Channel: @UniLesson



# ترانزیستور

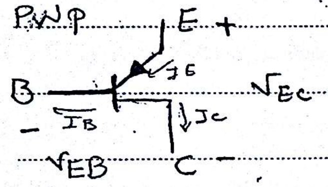
۱- خانواده دوقطبی (biPolar) ترانزیستور BJT

۲- خانواده اثر میدان ترانزیستور FET




$I_E = I_B + I_C$

NPN → BJT ← PNP

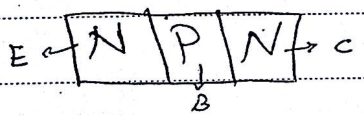



$I_E = I_B + I_C$

نامگذاری سرهای ترانزیستور

نقش امیتر (E) پخش یا تزریق حامل‌ها به طرف بیس (B) می‌باشد.

نقش کلکتور (C) جذب یا جمع آوری این بارهای تزریق شده می‌باشد.




جمع‌کننده : colleetor

پخش‌کننده : Emitter

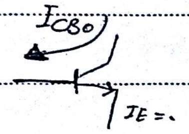
پایه یا اساس : base

Telegram Channel: @UniLesson

# خلاصه بندی شرایط نواحی کار ترانزیستور

## ۱- قطع:

$I_E = I_C + I_B$



چک شود: $V_{BE} < 0$

در این صورت $I_E = 0$

## ۲- فعال: (active)

چک شود: $V_{CE} > 0.2$

$I_E = I_C + I_B$

در این صورت: $I_C = \alpha I_E = \beta I_B$ و $V_{BE} = 0.7V$

$I_E = (1+\beta) I_B$

## ۳- اشباع: (saturation)

چک شود: $0 < V_{CE} \le 0.2$

$I_E = I_C + I_B$

در این صورت: $I_C < \alpha I_E$ و $I_C < \beta_{min} I_B$ و $V_{BE} = 0.7V$

نکته ۱: $\alpha, \beta$ از ویژگی های ترانزیستور هستند و به شرایط ساخت بستگی دارند.

برای یک ترانزیستور ایده آل داریم:

$\alpha \to 1$

$\beta \to \infty$ $\quad \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$

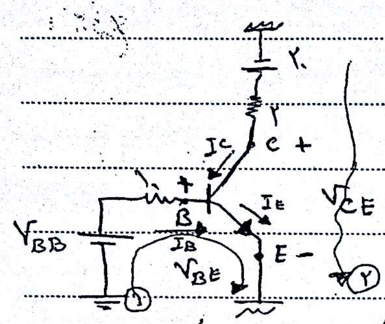
نکته ۲: در تمامی ترانزیستور های BJT و در تمامی نواحی کاری رابطه زیر برقرار است.

$I_E = I_C + I_B$

Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ……… Year: ……… Month: ……… Day: ……… ( )

نکته ③: رابطه‌های $I_C=\alpha I_E$ و $I_C=\beta I_B$ فقط در نواحی فعال برقرار می‌باشد.




مثال: در مدار زیر ترانزیستور دارای $\beta=100$ است. ($V_{BB}=1.2$)

الف) وضعیت ترانزیستور را؟!

نکته: هر وقت قرار بود وضعیت ترانزیستور را مشخص کنیم یک KVL در ورودی یعنی جایی که $V_{BE}$ وجود دارد می‌زنیم / یک KVL در خروجی یعنی جایی که $V_{CE}$ قرار دارد می‌زنیم.

① KVL $\to -1.2 + 10 I_B + V_{BE} = 0$ ($V_{BE}=0.7$) $\to 10 I_B = 0.5 \to I_B = \frac{0.5}{10}$ — طبق فرض فعال

$\Longrightarrow I_B = 0.05\,mA$

② KVL $\to -20 + 2 I_C + V_{CE} = 0$

با فرض فعال بودن (برهان خلف): $I_C = \beta I_B = 100 \times 0.05 = 5\,mA$

$-20 + 2\times 5 + V_{CE} = 0 \to V_{CE} = 10 > 0.2$ پس فعال است.

ب) وضعیت را بیابید. ($V_{BB}=2.7V$)

① KVL $= -2.7 + 10 I_B + V_{BE} = 0$ ($V_{BE}=0.7$)

② KVL $= -20 + 2 I_C + V_{CE} = 0$ (با فرض فعال) / $I_C = \beta I_B = 100 \times 0.2 = 20\,mA$

$\to -20 + 2\times 20 + V_{CE} = 0 \to V_{CE} = -20 < 0.2$ ✗ فرض فعال غلط است

پس در ناحیه اشباع است.

TANDIS

Subject: ............ Telegram Channel: @UniLesson

Year: ...... Month: ...... Day: ...... ( )

ج) حداقل مقدار $V_{BB}$ که ترانزیستور را به اشباع می‌برد حساب کنید!

نکته: عمق صورت سوال حداقل یا حداکثر یا مقداری را بخواهد $V_{CE} = 0/2$ فرض می‌کنیم و بقیه مقادیر خواسته شده را بدست می‌آوریم. (مرز اشباع و فعال)

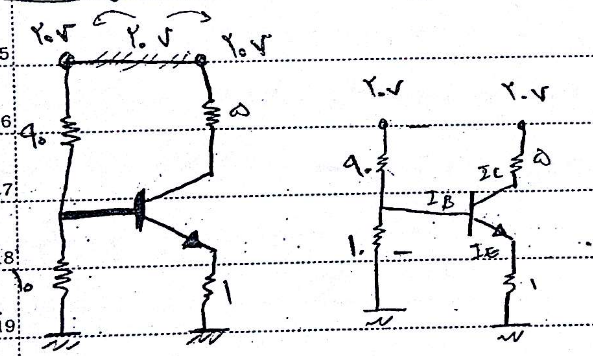
① KVL $\Rightarrow -V_{BB} + 10 I_B + \overset{0/7}{V_{BE}} = 0$

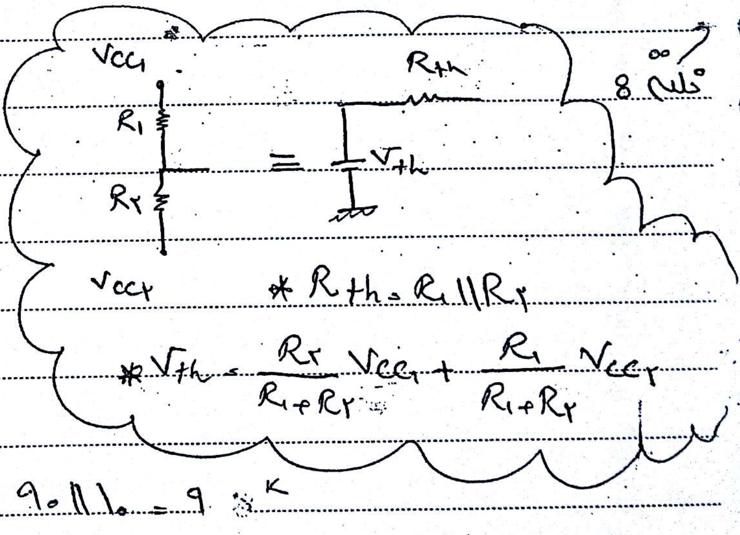
② KVL $\Rightarrow -20 + 2 I_C + \overset{0/2}{V_{CE}} = 0 \Longrightarrow \boxed{I_C \simeq 10mA}$

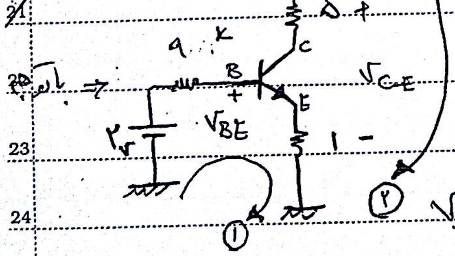
$* I_C = \beta I_B = 10 = 100 \times I_B \to I_B = 0/1 mA$

$-V_{BB} + 10 \times 0/1 + 0/7 = 0 \longrightarrow \boxed{V_{BB} = 1/7V}$

(Sat) اشباع $V_{CE} = 0/2$ , $\beta = 50$





$R_{th} = 90 \| 10 = 9^{K}$

② $V_{th} = \frac{10}{100} \times 20 + \frac{90}{100} \times 0 = 2V$

TANDIS

Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ............ Year: ........ Month: ........ Day: ........ ( )

KVL① : $-V_{th} + 9I_B + V_{BE} + I_E = 0 \Rightarrow -2 + 9I_B + 0.7V + I_E = 0$

با فرض فعال بودن :

$I_C = \beta I_B$

$I_E = (1+\beta) I_B$

$\Rightarrow -2 + 9I_B + 0.7V + (1+\beta) I_B = 0 \Rightarrow I_B = 0.022\ mA$

$I_C = \beta I_B = 50 \times 0.022 = 1.1\ mA$

$I_E = (1+\beta) I_B = 51 \times 0.022 = 1.1\ mA$

KVL② $\Rightarrow -20 + 5I_C + V_{CE} + I_E = 0$

$-20 + 5(1.1) + V_{CE} + 1.1 = 0 \Rightarrow V_{CE} = 13.4\ V > 0.2$

پس فرض فعال بودن درسته!

پس فعال!

ب) ولتاژ هر پایه‌های ترانزیستور ؟!

$\begin{cases} I_B = 0.022 \\ I_C = 1.1 \\ I_E = 1.1 \end{cases}$

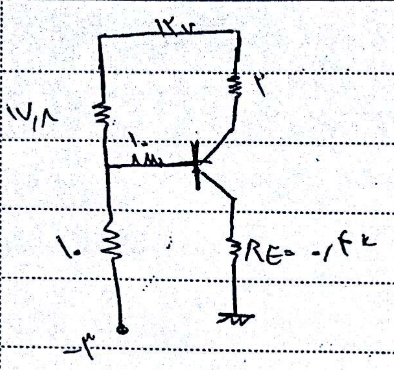
$I_C = \frac{20 - V_C}{5} \Rightarrow V_C = (5 \times 1.1) + 20$

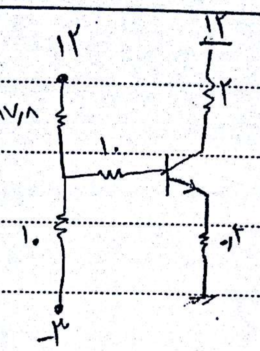
$V_E = 1 \cdot I_E \Rightarrow V_E = 1.1\ V$

$V_{th} - V_B = 9 I_B \Rightarrow V_B =$ [illegible]

($V_{th} = 2$, $I_B = 0.022$)

TANDIS

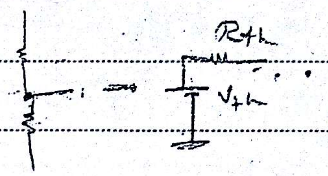



$V_{BE} = ۰,۷$

$V_{CE}(sat) = ۰,۲$

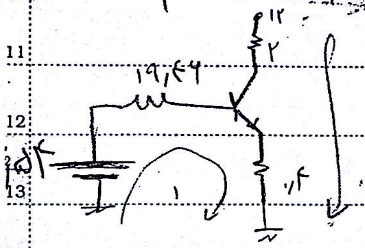
$\beta = ۱۰۰$




$R_{th} = \frac{۱۷,۸ \times ۱۰}{۱۸,۸} = \frac{۱۷۸}{۱۸,۸} = ۹,۴۴$

$V_{th} = \frac{-۱۰ \times ۱۲}{۱۰ + ۱۷,۸} + \frac{۱۷,۸ \times (-۳)}{۱۰ + ۱۷,۸} = \frac{۱۲۰}{۱۸,۸} - \frac{۵۳,۴}{۱۸,۸} = ۶,۳۸ - ۲,۸۴ = ۳,۵۴$

$R_{th} + ۱۰ = ۹,۴۴ + ۱۰ \Rightarrow ۱۹,۴۴$




① KVL: $-۳,۵۴ + ۱۹,۴۴ I_B + ۰,۷ + ۰,۴ I_E = ۰$

$I_E = (1+\beta) I_B \Rightarrow -۳,۵۴ + ۱۹,۴۴ I_B + ۰,۷ + ۰,۴(1+\beta) I_E = ۰$ ($\beta = ۱۰۰$)

$I_B = \bigcirc$

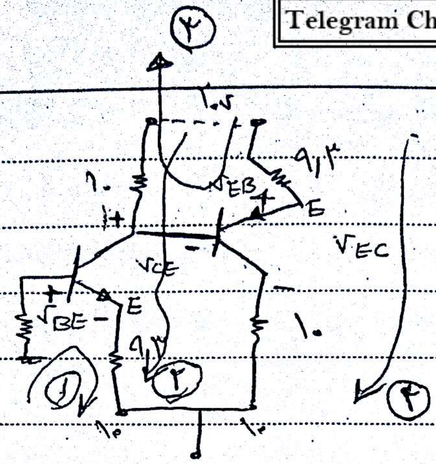
$I_C = \beta I_B \Rightarrow \bigcirc$

$I_E = (1+\beta) I_B \Rightarrow \bigcirc$

② KVL: $-۱۲ + ۲ I_C + V_{CE} + ۰,۴ I_E = ۰ \Rightarrow V_{CE} = \bigcirc$

Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ....................
Year: .......... Month: .......... Day: .......... ( )




$V_{BE} = 0.7V$

$V_{CE(sat)} = 0.2$

$\beta = \infty$

الف) وضعیت ترانزیستورها

ب) ولتاژ و جریان پایه‌ها.

نکته: هرگاه $\beta \geq 100$ باشد ⟸ $I_C = \beta I_B$ ، $I_E = (1+\beta) I_B$ ⟸ $I_C \approx I_E$ و $I_B$ مقدار بسیار کمی می‌شود (اما هر جا بتوانیم) استفاده می‌شود.

(فقط در ناحیه فعال قابل قبول است)

هرگاه $\beta = \infty$ ⟸ $I_E = I_C$ ، $I_B = 0$

نکته: در ترانزیستور PNP تمام شرایط و معادلات مانند ترانزیستور NPN است فقط بجای $V_{CE} \leftarrow V_{EC}$ و $V_{BE} \leftarrow V_{EB}$ قرار می‌دهیم.

(۱) $KVL: 10 \times I_{B_1} + V_{BE_1} + 9.3 I_E - 10 = 0 \Rightarrow I_E = \frac{9.3}{9.3} = 1\ mA$ ($V_{BE_1} = 0.7$)

$I_E = I_C = 1mA$

(۲) $KVL: -20 + 10 I_C + V_{CE} + 9.3 I_E - 10 = 0$ $\quad V_{CE} = 10.7V > 0.2$

فرض فعال درست!

(۳) $KVL: -20 + 9.3 I_E + V_{EB} + 10 I_C + 20 = 0$

$-20 + 9.3 I_E + 0.7 - 10 \times 1 + 20 = 0 \Rightarrow I_{E_2} = 1\ mA$

$I_{C_2} = I_{E_2} = 1\ mA$

(۴) $KVL: -20 + 9.3 I_{E_2} + V_{EC} + 10 I_C - 10 = 0$

$\Rightarrow V_{EC} = 10.7V > 0.2$ فرض فعال درست!

(۹، ۱۰، ۱۶، ۲۰، ۲۲، ۲۵)

Subject:............................................

Year:............ Month:............ Day:..............( )

Telegram Channel: @UniLesson

ب)

$20 - V_{E_2} = 9.3\, I_{E_2}$

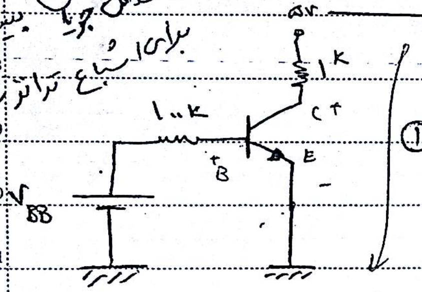
$V_C - (-10) = 10\, I_C$

$20 - V_{B_2} = 10\, I_C$ ($V_{B_2} = V_{C_1}$)

$-V_{B_1} = 10\, I_{B_1} \rightarrow V_{E_1} - (-10) = 9.3\, I_{E_1}$

سؤال ۵ حداقل جریان بیس برای اشباع ترانزیستور

مثال ۵: $100 \le B \le 200$ / $I_{CB} = 0.1\,\mu A$



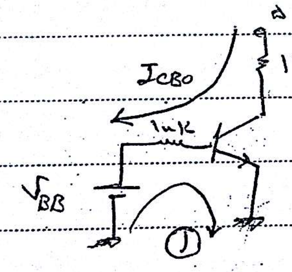

چون که نقطه حداقل ← $0.2$

$KVL\,①: -5 + I_C + V_{CE} = 0$

$I_C = 4.8\ mA$

$I_B = \frac{I_C}{\beta_{min}} = \frac{4.8}{100} = 0.048 = 48\,\mu A$

ب) حداکثر ولتاژ ($V_{BB}$) که به ازای آن ترانزیستور در حالت قطع خواهد بود؟




در حالت قطع یک جریان داریم: $I_{CBO}$

$0.1\,\mu A = 0.1 \times 10^{-3}\ mA$

$①\ KVL: -V_{BB} - 100\, I_{CBO} + V_{BE} = 0$

$V_{BE} = V_{BB} + 0.01 < 0$ ← در ناحیه قطع $V_{BE} < 0$

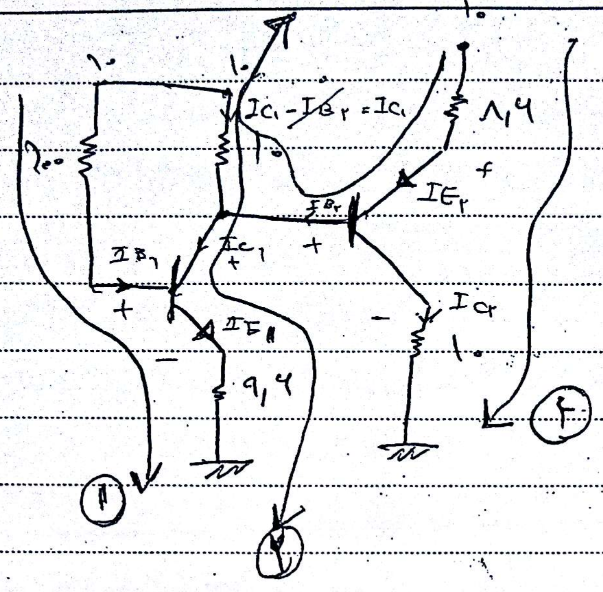
$V_{BB} < -0.01$

TANDIS

۱۷

Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ......
Year: ...... Month: ...... Day: ...... ( )



$B_1 = B_2 = 100$

$|V_{BE}| = 0.7$

$|V_{CE(sat)}| = 0.2$

KVL (1): $-10 + 200 I_{B_1} + V_{BE} + 9.6\, I_{E_1} = 0$  ($V_{BE} = 0.7$)

با فرض فعالی → $I_{E_1} = I_{C_1} = \beta I_B = 100\, I_{B_1}$

$-10 + 100 I_{B_1} + 0.7 + 9.4\,(100\, I_{B_1}) = 0$ → $\begin{cases} I_{B_1} = 0.0087\ mA \\ I_C = I_E = 0.87\ mA \end{cases}$

KVL (2): $-10 + 10 I_{C_1} + V_{CE} + 9.4\, I_{E_1} = 0$

$-10 + 10(0.87) + V_{CE} + 9.4(0.87) = 0$

$V_{CE} = -7.05\ v > 0.2$ پس در ناحیه اشباع است

KVL (1) اشباع: $-10 + 100 I_{B_1} + V_{BE} + 9.4\, I_{E_1} = 0$ ($V_{BE} = 0.7$, $I_{E_1} = I_{C_1} + I_{B_1}$) → $-9.3 + 109.4\, I_{B_1} + 9.4\, I_{C_1} = 0$

KVL (2) اشباع: $-10 + 10 I_{C_1} + V_{CE} + 9.4\, I_{E_1} = 0$ ($V_{CE} = 0.2$, $I_{E_1} = I_{C_1} + I_{B_1}$) → $-9.8 + 19.4\, I_{C_1} + 9.4\, I_{B_1} = 0$

$\begin{cases} I_{B_1} = 0.0137 \\ I_{C_1} = 0.45 \\ I_{E_1} = I_{C_1} + I_{B_1} \end{cases}$

~~[illegible]~~

TANDIS

Telegram Channel: @UniLesson

Subject:

Year: Month: Day: ( )

KVL ③ $\rightarrow -10 + 8.6 I_{E_2} + \cancel{V_{EB_2}}^{\,0.7} - 10 I_{C_1} + 10 = 0$

$$8.6 I_{E_2} - 10(0.48) = -0.7 \Longrightarrow I_{E_2} = 0.48$$

بایاس(فعال) $\rightarrow I_{E_2} = I_{C_2} = 0.48$

④ KVL $\rightarrow -10 + 8.6 I_{E_2} + V_{EC} + 10 I_{C_2} = 0$

$$-10 + 8.6(0.48) + V_{EC} + 10(0.48) = 0 \Longrightarrow V_{EC} = 1.1 > 0.2 \checkmark$$

فعال

TANDIS

Telegram Channel: @UniLesson



# تقویت کننده‌های الکترونیکی :

در تحلیل ac تقویت کننده الکترونیکی مراحل زیر انجام می‌شود.

۱) تحلیل DC
- خازن ← مدار باز
- منبع ac ← صفر

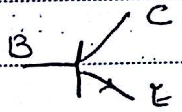
هدف ← به دست آوردن $I_C$ به منظور به دست آوردن hie

نکته : hie در صورت سؤال داده شده بود. پس این حذف می‌شود.

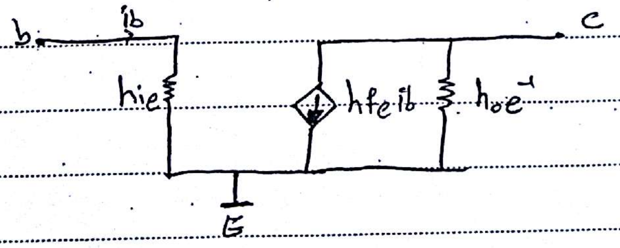
۲) تحلیل AC
- خازن ← اتصال کوتاه
- منبع DC ← صفر
- به جای ترانزیستور ← مدل‌های هایبرید H

هدف ← به دست آوردن : ۱) Av ۲) Ri ۳) Ro

مدل هایبرید H :



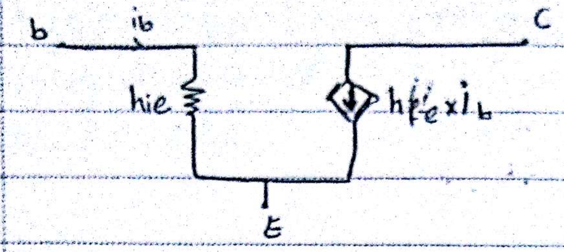

مدل تقریبی



Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ......
Year: ...... Month: ...... Day: ...... ( )

## مدل تقریبی




$h_{fe} = \beta = ۱۰۰$

$h_{ie} = \dfrac{\beta V_T \eta}{I_C}$

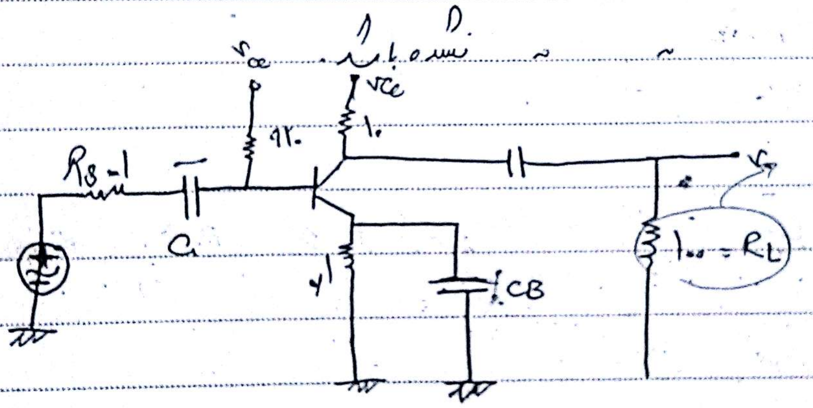
$V_T = ۲۵ - ۲۶$

$\eta = ۱ - ۲$

در تحلیل ac جریان‌ها و ولتاژها را با حروف کوچک نشان داده می‌شوند مثلاً $i_c$ و $i_b$ و $v_{ce}$ و ...

۱- پس از رسم شکل ac امیتر زمین شده باشد. } مثال

۲- « « « « نشده باشد.




$h_{ie} = ۲٫۵$ (تحلیل DC نمی‌خواد)

$A_v = ?$

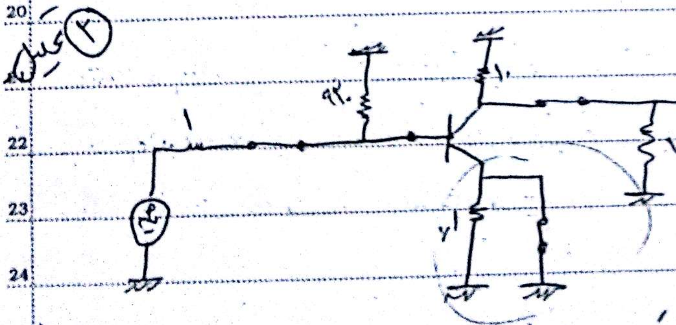
$A_{vs} = ?$

$A_I = ?$

$R_i = ?$

$R_o = ?$

شکل (۲)



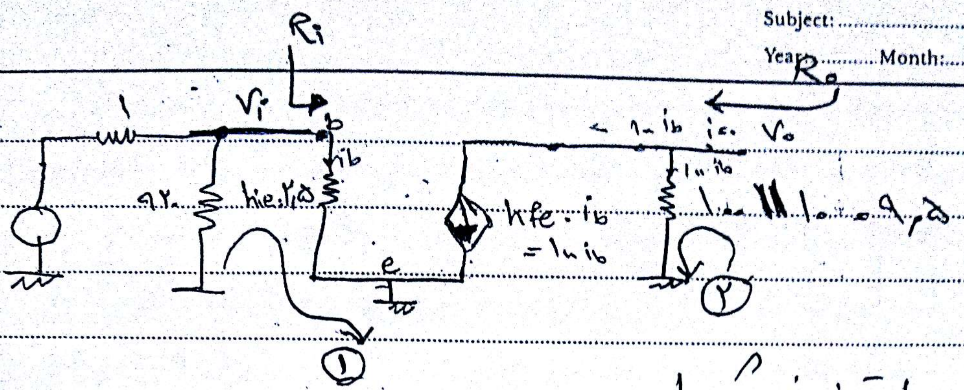

مقاومت موازی با اتصال کوتاه حذف می‌شه

TANDIS

۲ ۱۹

Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ........ Year: ........ Month: ........ Day: ........ ( )




مثال نوع اول ← امیتر زمین شده!

بهره $A_{v_i} = \frac{V_{خروجی}}{V_{ورودی}} = \frac{V_o}{V_i}$

همواره $V_i$ ورودی B ترانزیستور می‌باشد / $V_i$ بعد از مقاومت $R_s$ و منبع سیگنال با آن قرار دارد

KVL ① → $-V_i + 2.5\, i_b = 0 \to V_i = 2.5\, i_b$

KVL ② → $-V_o - 100\, i_b\, (9.5) = 0 \to V_o = -950\, i_b$

$$A_{v_i} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-950\, i_b}{2.5\, i_b} = -380$$

در حالت عادی $R_i = \frac{V_i}{I_i}$ ولی ما از روش نظری استفاده می‌کنیم و با توجه به شکل به دست می‌آوریم.

$R_i = 2.5k$ از آن سمت مشخص شده تا زمین

در جهت کلی مقاومت خروجی با ① اتصال کوتاه کردن مقاومت خروجی منبع سیگنال و ② وصل کردن منبع ولتاژ فرضی $V_T$ به خروجی به دست می‌آید. اگر جریانی که از منبع فرضی $V_T$ کشیده می‌شود برابر با $I_T$ باشد مقاومت خروجی به صورت زیر به دست می‌آید:

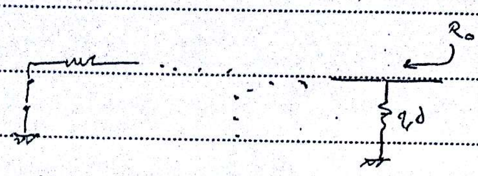
$$R_o = \frac{V_T}{I_T}\Big|_{V_s = 0}$$

Telegram Channel: @UniLesson

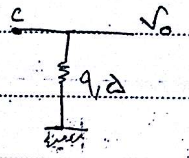
Subject: سؤال ۲ و ۱۷ کتاب

Year:........ Month:........ Day:........( )

وبرای مقاومت خروجی را به صورت نظری و با استفاده از شکل به دست می‌آوریم. همواره برای به دست آوردن $R_o$ (مقاومت خروجی) $V_s$ را صفر می‌کنیم.



$V_s = 0 \to i_b = 0 \Rightarrow 100 i_b = 0$ منبع جریان (از بین رفته) $\Longrightarrow$ منبع جریان وابسته مدار باز می‌شود



$\Rightarrow R_o = 9.5^k$

$$A_{vs} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{R_i}{R_i + R_s} A_v \to \frac{2.5}{1+2.5} \times (-380)$$

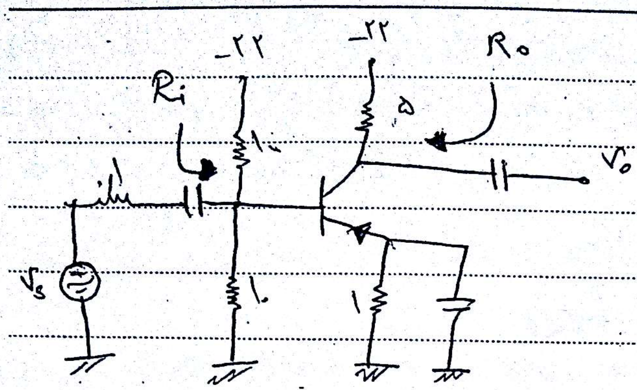
$$A_I = \frac{I_o}{I_i} = \frac{R_i}{R_L} \times A_v = \frac{2.5}{100} \times (-380)$$

$R_L$: مقاومتی از شکل است که به خروجی متصل است

TANDIS

Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ....................
Year: .......... Month: .......... Day: ..........( )




$h_{fe} = ۱۰۰$

$A_I = ?$

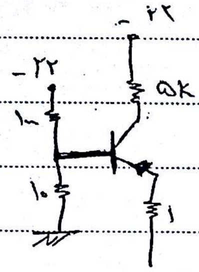
$A_{Vi} = ?$

$A_{Vs} = ?$

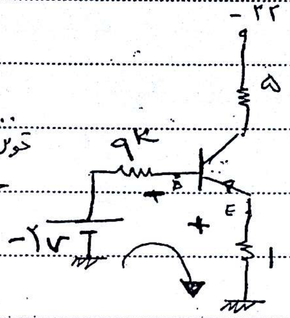
$R_i = ?$

$R_o = ?$

۱) تحلیل DC



تونن



$R_{th} = ۱۰۰ \| ۱۰ = ۹$

$V_{th} = \frac{۱۰}{۱۰+۱۰۰} \times -۲۲ = -۲\,v$

$KVL \Rightarrow -V_{th} + ۹I_B - V_{EB} - I_E$

نکته: فرض ترانزیستور به صورت فعال است

* یک KVL در ورودی کفایت می‌کند.

$\rightarrow I_E = \beta I_B$

$-(-۲) - ۹I_B - ۰/۷ - ۱۰۰I_B \Rightarrow ۱۰۹\,I_B = ۱/۳$

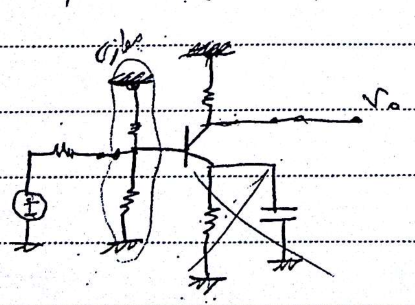
$I_B = \frac{۱/۳}{۱۰۹}$

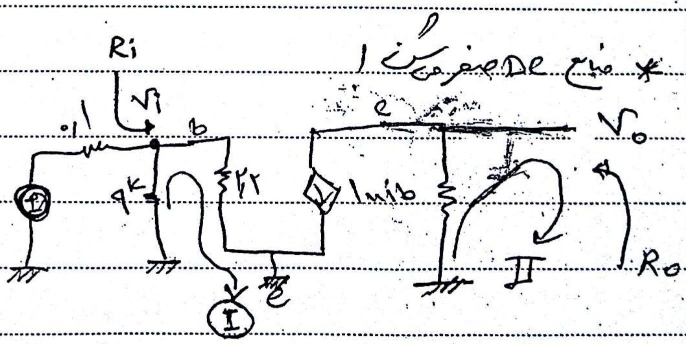
$I_C = \frac{۱۰۰ \times ۱/۳}{۱۰۹} = ۱/۱۸$

$h_{ie} = \frac{nV_T\beta}{I_C} \Rightarrow h_{ie} = \frac{۱ \times ۲۵ \times ۱۰۰}{۱/۱۸} = ۲۲۲۰\ \Omega \xrightarrow[K\Omega]{\text{تبدیل}} ۲/۲۲\ K\Omega$

۲) تحلیل AC

* منبع DC صفر می‌شود.





Telegram Channel: @UniLesson

Subject: ............

Year: ........ Month: ........ Day: ........ ( )

KVL (I) → $-V_i + ۲,۲ i_b \rightarrow V_i = ۲,۲۲ i_b$

KVL (II) → $۵ \times ۱۰۰ i_b + V_o = ۰ \rightarrow V_o = -۵۰۰ i_b$

$A_{V_i} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-۵۰۰ i_b}{۲,۲۲ i_b} = -۲۲۵,۲$

$R_i = ۹ \| ۲,۲ = ۱,۷۷$

$R_o \rightarrow V_s = ۰ \rightarrow i_b = ۰ \rightarrow ۱۰۰ i_b = ۰ \rightarrow$ منبع جریان مدار باز $\Rightarrow ۵K$

$R_s = ۰$

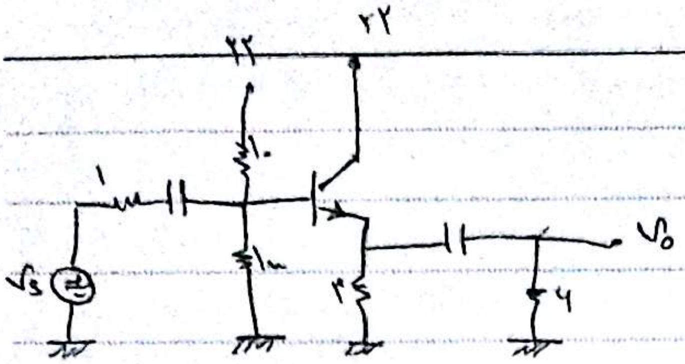
$A_{V_s} = \frac{R_i}{R_i + R_s}(A_V) = \frac{۱,۷۷}{۱,۷۷ + ۰,۱}(-۲۲۵,۲) \Rightarrow -۲۱۳$

$A_I = \frac{R_i}{R_L} A_V = \frac{۱,۷۷}{۵}(-۲۲۵,۲۰) \Rightarrow -۸۰$

TANDIS

Telegram Channel: @UniLesson





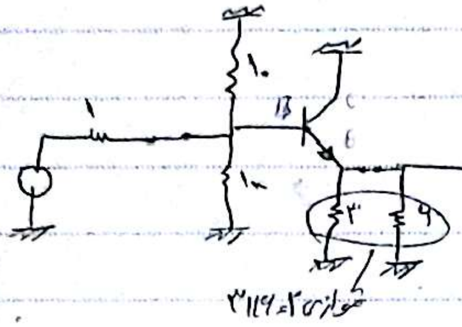
مثال)

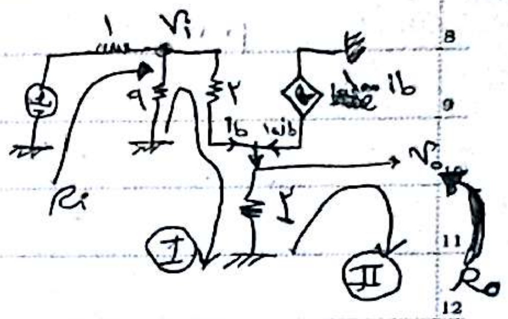
hie = ۲

hfe = ۱۰۰

Avi , AI , Avs
Ro' , Ri , Ros ?

۲) تحلیل ac





$A_{Vi} = \frac{V_o}{V_i}$

KVL (I) ⇒ $-V_i + 2i_b + 2(i_b + 100 i_b) = 0$

$V_i = 204\, i_b$

⇒ $A_{Vi} = \frac{202\, i_b}{204\, i_b} \cong 1$

KVL (II) ⇒ $-2(101\, i_b) + V_o = 0$ ⇒ $V_o = 202\, i_b$

* نکته: هنگام تجزیه و تحلیل سیگنال های کوچک به دو نوع سوال برمی‌خوریم:

(۱) امیتر در تحلیل ac زمین باشد (۲) امیتر در تحلیل ac زمین نباشد

روش حل این دو سوال شبیه هم است فقط هنگام محاسبه مقاومت خروجی و ورودی در نوع (۲) ($R_i$ , $R_o$)
از روش انتقال امپدانس استفاده می‌کنیم.

(۱) جهت انتقال مقاومت از بیس به امیتر آن را تقسیم بر $1+\beta$ می‌کنیم.

(۲) جهت انتقال مقاومت از امیتر به بیس آن را ضرب در $1+\beta$ می‌کنیم.

(۳) از کلکتور به بیس یا امیتر و بالعکس مقاومتی منتقل نمی‌شود.

۳ خرداد

فصل ۶ : ۲۲ - ۲۷ - ۲۴ - ۳۰ - ۳۶ ب و ۳۷ جزوه سینول اوجیه .

Subject: ............
Year: ...... Month: ...... Day: ...... ( )

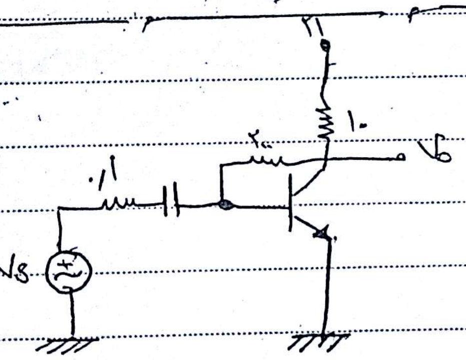
Telegram Channel: @UniLesson

از بیس دیده میشه بین مقاومت امیتر وارد بیس میشه ! $R_i = 2(1+\beta) + h_{ie} \| 9^k$

$R_i = \frac{204 \times 9}{204 + 9} = 8.61$

$R_o = \frac{(R_s \| 9) + h_{ie}}{1+\beta} \| 2^k$

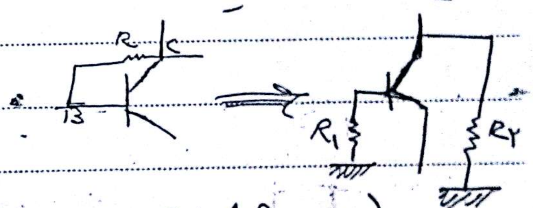
$A_I = \frac{R_i}{R_L} \cdot A_v = \frac{R_i}{9} \cdot A_v$



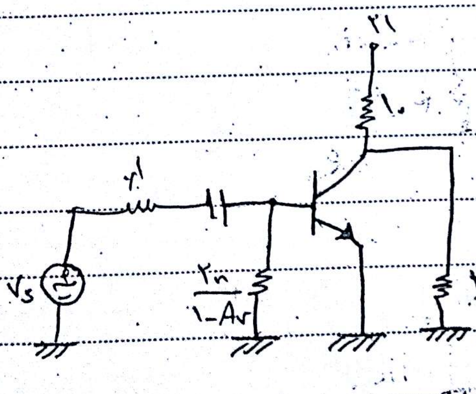

$h_{ie} = 1.5$, $\beta = 100$

تقریب میلر :

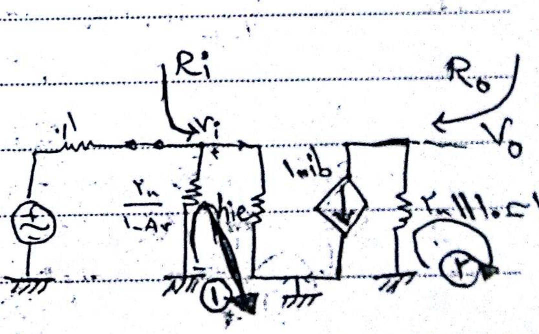
تبدیل مقاومت غیر زمین شده به دو مقاومت زمین شده




$\left(R_1 = \frac{R}{1-A_v} \quad , \quad R_2 = \frac{A_v R}{A_v - 1} \simeq R\right)$




منابع DC = ۰
خازن اتصال کوتاه




$KVL ① \; -v_i + 1.5\, i_b = 0 \rightarrow v_i = 1.5\, i_b$

$KVL ② \; 10\,(100\, i_b) + v_o = 0 \Rightarrow v_o = -1000\, i_b$

TANDIS

$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-1000\, i_b}{1.5\, i_b} = -633$

Telegram Channel: @UniLesson

Subject:
Year: Month: Day: ( )

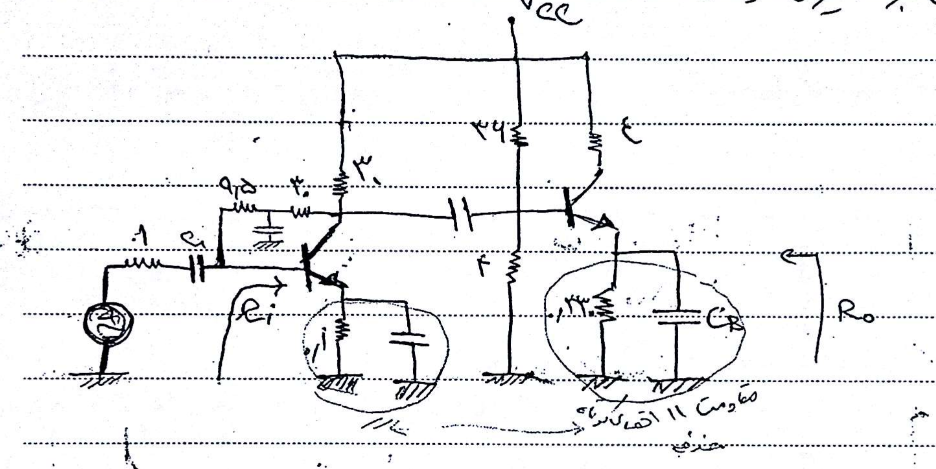
$$R_i = \frac{200}{1-A_v} \parallel 1.5 \Rightarrow \frac{20}{1+433} \parallel 1.5 = 0.309\,K$$

$R_o = 10\,K$ ($v_s = 0$, $i_b = 0$)

$$A_{vs} = \frac{R_i}{R_i + R_s} A_v$$

$$A_{vI} = \frac{R_i}{R_L} A_v \Rightarrow A_{vI} = \frac{0.309}{(10.1120)}(-433)$$

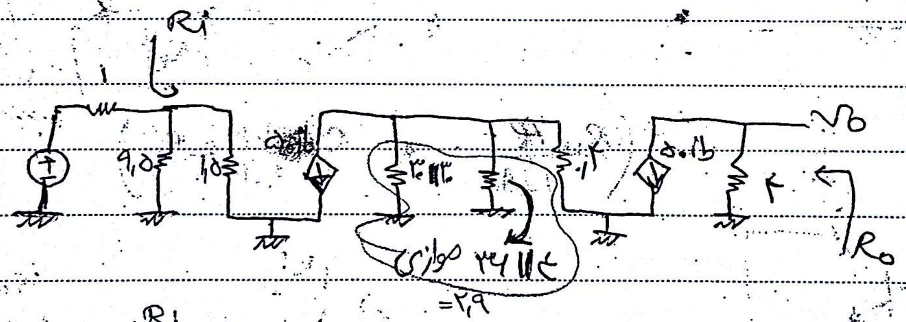
وقتی بین دو مقاومت زمین بود میره می‌خواد.

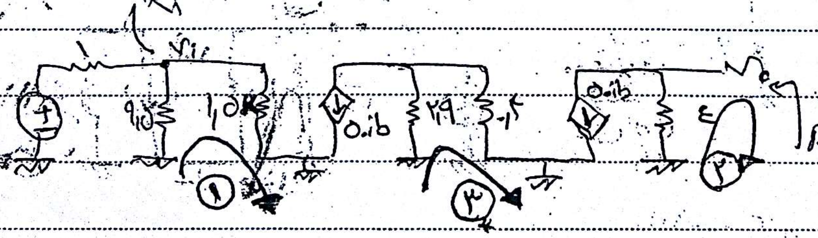



$h_{ie1} = 1.5$

$h_{ie2} = 0.4$

$h_{fe1} = h_{fe2} = 50$




TANDIS

Telegram Channel: @UniLesson

$KVL(1) = -v_i + ۱٫۵\, ib_1 = 0 \Rightarrow v_i = ۱٫۵\, ib_1$

$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-۲۰۰\, ib_2}{۱٫۵\, ib_1}$ *

$KVL(2) = ۴(۵۰\, ib_2) + v_o = 0 \Rightarrow v_o = -۲۰۰\, ib_2$

* برای بدست آوردن رابطه $ib_1$ و $ib_2$ باید یک KVL می‌زنیم (KVL(3))

$KVL(3) = ۲٫۹(۵۰\, ib_1 + ib_2) + ۰٫۴\, ib_2 = 0$

$۱۴۵\, ib_1 + ۲٫۹\, ib_2 + ۰٫۴\, ib_2 = 0 \rightarrow ۱۴۵\, ib_1 + ۳٫۳\, ib_2 = 0 \Rightarrow ۱۴۵\, ib_1 = -۳٫۳\, ib_2$

$\frac{ib_2}{ib_1} = \frac{-۱۴۵}{۳٫۳} = -۴۴$ *

جایگذاری $\Rightarrow A_v = \frac{-۲۰۰}{۱٫۵} \times -۴۴ \rightarrow ۵۸۶۶$

$R_i = ۹٫۵ \parallel ۱٫۵$

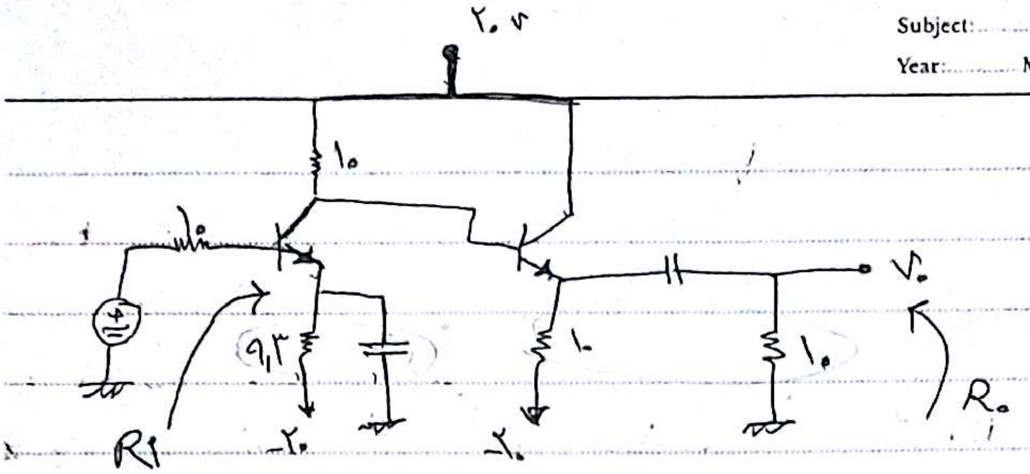
$R_o \big|_{v_s=0} = ۴K$

$A_{vs} = \frac{R_i}{R_i + R_s}(A_v) = \frac{۱٫۳}{۱٫۳ + ۱}(۵۸۶۶)$

$A_I = \frac{R_i}{R_L}(A_v) = \frac{۱٫۳}{۴}(۵۸۶۶)$

Telegram Channel: @UniLesson

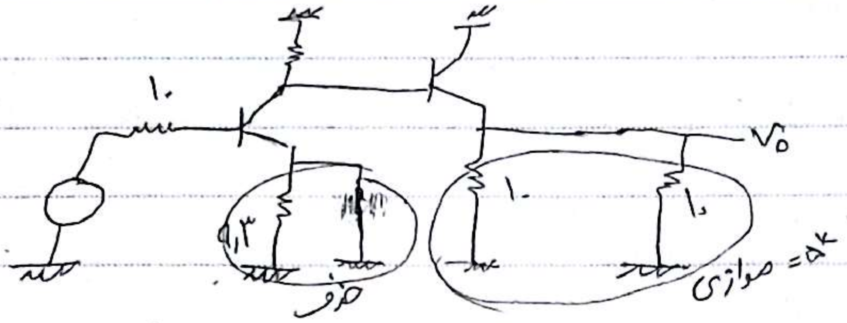


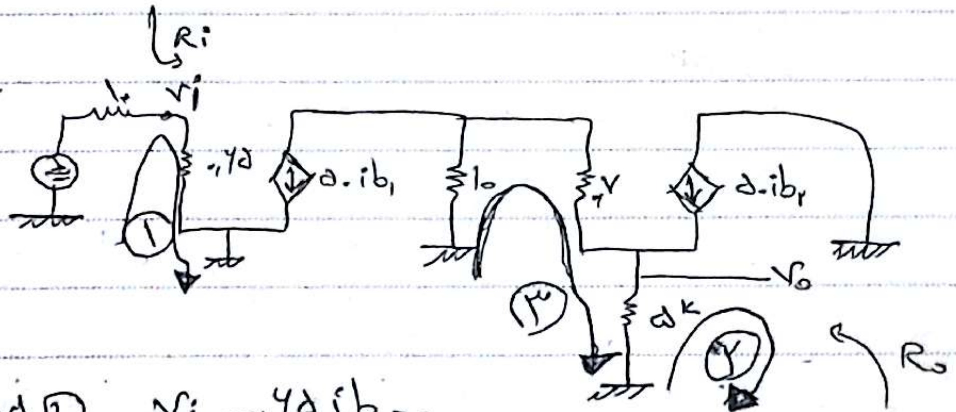



$h_{ie_1} = 0{,}45$

$h_{ie_2} = 0{,}7^{k}$

$h_{fe_1} = h_{fe_2} = 50$




$KVL(1) - v_i + 0{,}45\, i_{b_1} = 0$

$v_i = 0{,}45\, i_{b_1}$

$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{255\, i_{b_2}}{0{,}45\, i_{b_1}}$ *

$KVL(2) = -5(51\, i_{b_2}) + v_o = 0 \rightarrow v_o = 255\, i_{b_2}$

$KVL(3) - 10(50\, i_{b_1} + i_{b_2}) + 0{,}7\, i_{b_2} + 5(51\, i_{b_2}) = 0$

$500\, i_{b_1} + 10\, i_{b_2} + 0{,}7\, i_{b_2} + 255\, i_{b_2} = 0$

$500\, i_{b_1} + 265{,}7\, i_{b_2} = 0$

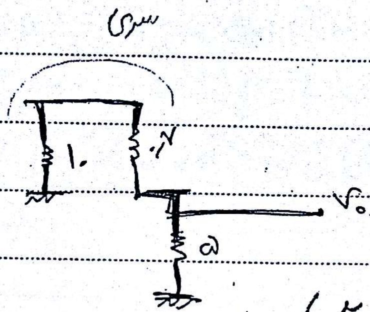
$\frac{i_{b_2}}{i_{b_1}} = -1{,}88$ *

$A_v = \frac{255}{0{,}45}(-1{,}88) = -735$

TANDIS

$Ri = ۰٫۷۵^{k}$

$Ro$ = منبع ولتاژ اول حذف ($V_s = ۰$)



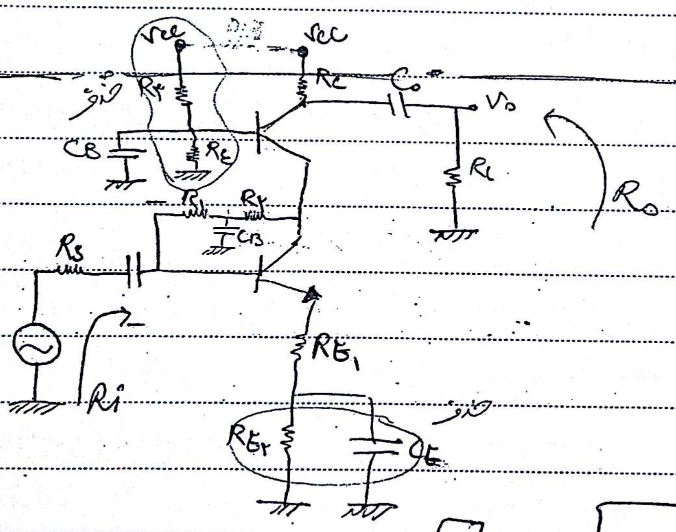

*) از دورترین مقاومت نسبت به چیزی که می‌خواهیم بدست بیاریم شروع می‌کنیم

(نگاه کن به Ri یا Ro در قسمت B است یا E)

$$Ro = \frac{(۱۰ + ۰٫۷) \| ۵}{۱ + \beta_{۵۰}}$$

$$AV_s = \frac{Ri}{Ri + Rs}(Av) = \frac{۰٫۷۵}{۰٫۷۵ + ۱۰}(-۷۳۵) =$$

$$AI = \frac{۰٫۷۵}{۱۰}(-۷۳۵)$$



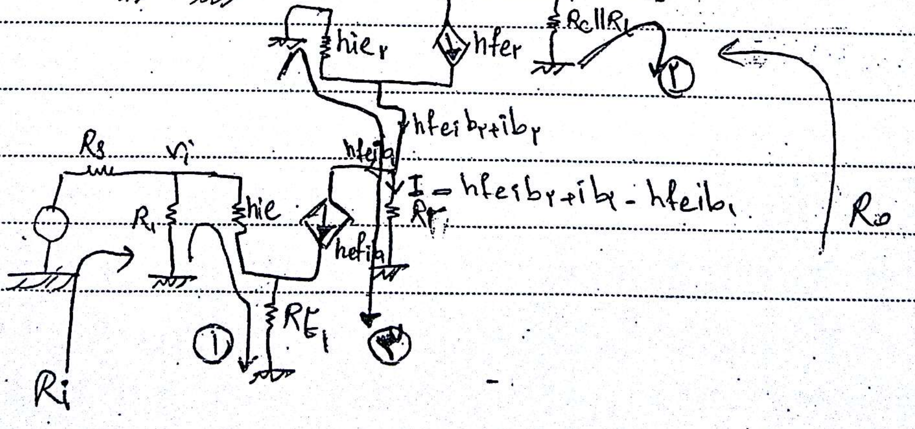

$h_{fe} = h_{fe}$

$h_{ie} = h_{ie}$

$h_{re} = h_{oe} = ۰$

منابع DC = ۰

خازن‌ها اتصال کوتاه




TANDIS

Telegram Channel: @UniLesson



$KVL① : -V_i + h_{ie} i_{b_1} + (i_{b_1} + h_{fe} i_{b_1}) R_{E_1} = 0$

$V_i = (h_{ie} + R_{E_1} + h_{fe} R_{E_1}) i_{b_1}$

$KVL② \rightarrow (R_C \| R_L)(h_{fe} i_{b_2}) + V_o = 0 \rightarrow V_o = -(R_C \| R_L)(h_{fe} i_{b_2})$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-(R_C \| R_L) h_{fe}}{h_{ie} + R_{E_1} + h_{fe} R_{E_1}} \left( \frac{i_{b_2}}{i_{b_1}} \right)$$

$KVL③ : h_{ie} i_{b_2} + R_2 (h_{fe} i_{b_2} + i_{b_2} - h_{fe} i_{b_1})$

$i_{b_2}$ , $i_{b_1}$ بدست آوردن

$$\frac{i_{b_2}}{i_{b_1}} = \frac{R_2 h_{fe}}{h_{ie} + R_2 + R_2 h_{fe}}$$

$$R_i = \left( R_{E_1}(1+\beta) + h_{ie} \right) \| R_1$$

$$R_o \Big|_{V_S = 0} = R_C \| R_L$$

$i_{b_1} = 0$ مدار ① قطع

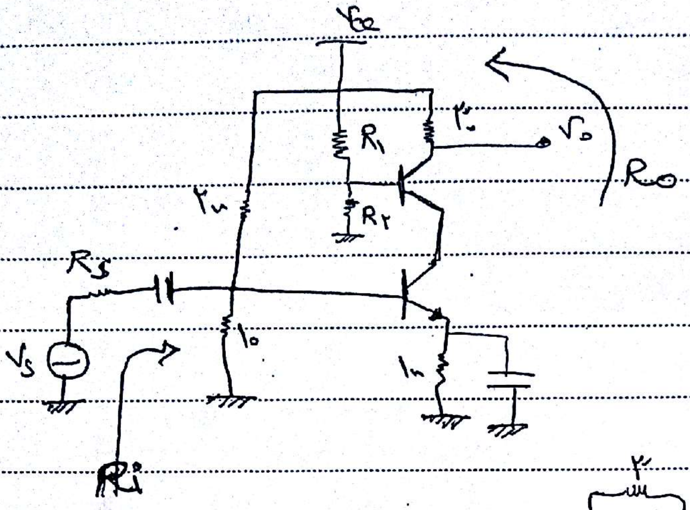
$$A_{VS} = \frac{R_i}{R_i + R_S} A_v$$

$$A_I = \frac{R_i}{R_L} A_v$$

TANDIS

Telegram Channel: @UniLesson

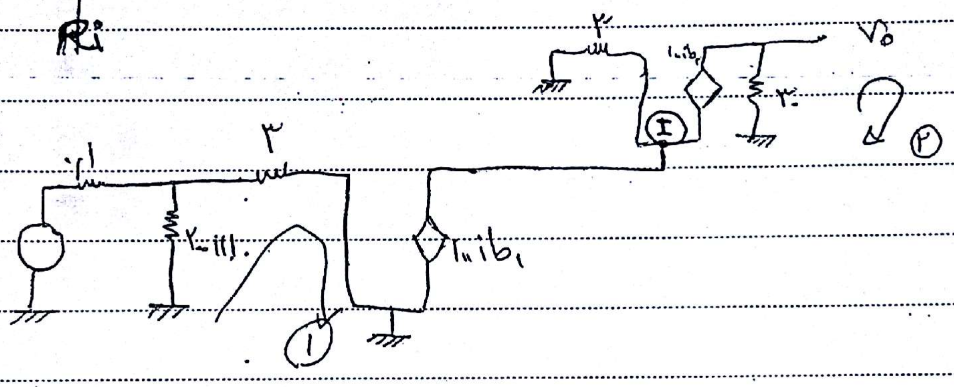
Subject: ............ Year: ............ Month: ............ Day: ............ ( )




$h_{fe_1} = h_{fe_2} = 100$

$h_{ie_1} = h_{ie_2} = 3K$

$A_{vs}, A_{vi}, A_I, R_i, R_o = ?$




KVL (1) $-v_i + 3 i_{b_1} = 0 \rightarrow v_i = 3 i_{b_1}$

KVL (2) $30 (100 i_{b_2}) + V_o = 0 \rightarrow V_o = -3000 i_{b_2}$

$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-3000 i_{b_2}}{3 i_{b_1}} = -1000 \left(\frac{i_{b_2}}{i_{b_1}}\right) \rightarrow -1000 \left(\frac{100}{101}\right) = -990$

KCL (I) $100 i_{b_1} = i_{b_2} + 100 i_{b_2} \rightarrow \frac{i_{b_2}}{i_{b_1}} = \frac{100}{101}$

$R_i = ۱۰۱۱۳$

$R_o \Big|_{V_s=0} = 30 K$

TANDIS

Telegram Channel: @UniLesson